

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
Кафедра теплотехніки та енергозбереження

«На правах рукопису»  
УДК 628.8

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_  
(підпис) В.І.Дешко  
(ініціали, прізвище)

“ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг  
теплоенергетичних систем»

на тему: «Показники енергоефективності та рівня теплового комфорту на  
гуртожитку №1 КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Виконав: студент (-ка) VI курсу, групи ОТ – 91мп  
(шифр групи)

Багній Владислав Іванович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник к.т.н., асистент Буяк Н. А.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультанти:

Електротехнічна частина к.т.н., доцент Замулко А.І.

Стартап-проект к.т.н., доцент Шевчук Н.А.

Моделювання енергетичних процесів і систем к.т.н., доцент Суходуб І.О.

Нормоконтроль к.т.н., доцент Шкляр В.І.

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

**Інститут (факультет)** Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
(повна назва)

**Кафедра** Теплотехніки та енергозбереження  
(повна назва)

**Рівень вищої освіти – другий (магістерський)**

**Спеціальність** 144 «Теплоенергетика»  
(код і назва)

**Освітньо-професійна програма** «Енергетичний менеджмент та інжиніринг  
теплоенергетичних систем»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.І. Дешко  
(підпис) (ініціали, прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

на магістерську дисертацію студенту

Багнію Владиславу Івановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема дисертації** «Показники енергоефективності та рівня теплового комфорту  
на гуртожитку №1 КПІ ім. Ігоря Сікорського»,

**науковий керівник дисертації** Буяк Надія Андріївна к.т.н, асистент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

**затверджені наказом по університету від «3» листопада 2020 р. № 3199-с**

**2. Термін подання студентом дисертації** 14 грудня 2020 р.

**3. Об'єкт дослідження** 5-поверховий студентський гуртожиток за адресою  
м. Київ, вул. Академіка Янгеля, 5

**4. Вихідні дані до магістерської дисертації** геометричні та теплофізичні  
характеристики огорожувальних конструкцій будівлі, річне споживання  
енергоресурсів (теплова енергія – 798,69 Гкал, електроенергія – 286733  
кВт·год, холодна вода – 32959 м<sup>3</sup>), режим експлуатації

**5. Перелік завдань, які потрібно розробити** 1) дослідження енергетичних систем будівлі та визначення можливих шляхів підвищення ефективності їх використання; 2) огляд методів та засобів регулювання енергоспоживанням; 3) моделювання енергоспоживання будівлі; 4) розроблення стартап-проекту

**Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу** до пояснювальної записки додається презентація виконана в PowerPoint, креслення 1-2 (схема електропостачання, план поверху, спецпитання)

**7. Орієнтовний перелік публікацій:** II науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ (21 – 22 листопада 2020 р.)

#### **8. Консультанти розділів дисертації**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електротехнічна частина	доцент Замулко А.І.		
Стартап-проект	доцент Шевчук Н.А.		
Моделювання енергетичних процесів і систем	доцент Суходуб І.О.		
Нормоконтроль	доцент Шкляр В.І.		

#### **9. Дата видачі завдання** 02.09. 2020 р.

#### **Календарний план**

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Загальні відомості про об'єкт дослідження	26.10.2020 - 11.11.2020	
2	Інжиніринг енергетичних систем	26.10.2020 - 07.12.2020	
3	Спецпитання	26.10.2020 - 07.12.2020	
4	Енергоменеджмент та моніторинг	26.10.2020 - 09.11.2020	
5	Стартап-проект	02.11.2020 - 07.12.2020	
6	Нормативне оформлення магістерської дисертації	30.11.2020 - 07.12.2020	
7	Попередній захист	07.12.2020 - 12.12.2020	

**Студент**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

В. І. Багній  
(ініціали, прізвище)

**Науковий керівник дисертації** \_\_\_\_\_  
(підпис)

Н. А. Буяк  
(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Обсяг магістерської роботи – 95 аркушів, кількість рисунків – 20, таблиць – 41 .

Актуальність теми дослідження пов'язана із постійним зростанням тарифів на комунальні послуги, що стимулює до економії, а отже виникає необхідність пошуку шляхів зниження споживання енергетичних ресурсів. Основним інструментом скорочення енергоспоживання є більш раціональне та ефективне використання ресурсів і термомодернізація. Житловий фонд України є однією з найбільш енергоємних галузей, тому очевидною є доцільність першочергового впровадження заходів саме у цій сфері.

Мета дослідження – визначення показників енергоефективності та рівня теплового комфорту гуртожитку.

Об'єкт дослідження – 5-поверхова житлова будівля за адресою вул. Академіка Янгеля, 5 , м. Київ.

Предмет дослідження – енергоспоживання будівлі, теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій будівлі, характеристики інженерних мереж.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розвитку методичних аспектів та методів аналізу, оцінювання і моніторингу показників ефективності енерговитрат житлових будівель. Розроблено модель для дослідження енергоспоживання у спеціалізованому програмному продукті DesignBuilder та виконано порівняльну оцінку даних в результаті моделювання будівлі з урахуванням конструктивних особливостей та характеристик інженерних систем та за національною методикою розрахунку до та після впровадження енергоефективних заходів.

Матеріали магістерської дисертації можуть бути використані при підготовці і викладанні дисциплін «Енергозбереження будівель і споруд» та «Методи енергомоніторингу та енергоаудиту будівель» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплоенергетика».

Тематика досліджень, проведених у магістерській дисертації, представляє практичний інтерес і рекомендується ТОВ «ЕСКО Україна» до впровадження на реальному об'єкті – житловій 5-поверховій будівлі за адресою вул. Академіка Янгеля, 5, м. Київ.

Апробація результатів дослідження::

Основні результати за тематикою роботи обговорювалися та доповідалися на науково-технічних конференціях. Опубліковані тези:

1. II науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ (21 – 22 листопада 2020 р.);

**Ключові слова та словосполучення:** управління енергоспоживанням, енергомоніторинг, житлова будівля, підвищення енергоефективності, енергозбереження.

## ABSTRACT

The volume of master's work - 95 sheets, the number of drawings - 20, tables - 41.

The relevance of the research topic is related to the constant increase in utility tariffs, which stimulates savings, and therefore there is a need to find ways to reduce energy consumption. The main tools for reducing energy consumption are more rational and efficient use of resources and thermal modernization. The housing stock of Ukraine is one of the most energy-intensive industries, so the expediency of priority implementation of measures in this area is obvious.

The purpose of the study is to determine the methods and means of energy management in the dormitory in order to improve energy efficiency.

The object of study - a 5-storey residential building at vul. Academician Yangel, 5, Kyiv.

The subject of research - energy consumption of the building, thermal characteristics of the enclosing structures of the building, the characteristics of engineering networks.

The scientific novelty of the obtained results lies in the development of methodological aspects and methods of analysis, evaluation and monitoring of energy efficiency indicators of residential buildings. A model for the study of energy consumption in a specialized software product DesignBuilder was developed and a comparative evaluation of data as a result of modeling the building taking into account the design features and characteristics of engineering systems and the national method of calculation before and after energy efficiency measures.

The materials of the master's thesis can be used in the preparation and teaching of the courses "Energy Saving of Buildings and Structures" and "Methods of Energy Monitoring and Energy Auditing of Buildings" for students of specialty 141 "Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics", 144 "Power Engineering".

The subject of research conducted in the master's dissertation is of practical interest and is recommended by ESCO Ukraine LLC for implementation on real objects - a residential 5-storey building at vul. Academician Yangel, 5, Kyiv.

Testing the results of the study ::

The main results were discussed and reported at scientific and technical conferences. Published theses:

1. II scientific and technical conference of IEE undergraduates (November 21-22, 2020);

**Keywords and phrases:** energy management, energy monitoring, residential building, energy efficiency improvement, energy saving.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ.....	11
ВСТУП.....	13
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	16
1.1 Загальний опис.....	16
1.2 Фактичне споживання енергетичних ресурсів.....	17
1.3 Підходи щодо оцінки рівня теплового комфорту та категорії будівлі щодо забезпечення комфортних умов.....	20
Висновки до розділу .....	22
2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ.....	23
2.1 Дослідження огорожувальних конструкцій будівлі.....	23
2.1.1 Аналіз сучасного стану.....	23
2.1.2 Тепловізійне обстеження .....	26
2.2 Дослідження інженерних мереж.....	28
2.3 Шляхи підвищення використання системи теплопостачання.....	30
2.4 Заходи з енергозбереження.....	32
2.5 Дослідження системи електропостачання.....	34
2.5.1 Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії.....	34
2.5.2 Аналіз поточного технічного стану системи електропостачання.....	37
2.5.3 Шляхи підвищення ефективності використання електростачання.....	39
2.5.4 Пропозиції щодо модернізації системи електропостачання об’єкту .....	42
Висновки до розділу .....	43
3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНЖИНІРИНГ .....	44
3.1 Огляд нормативно-правової бази у сфері ЖКГ та енергоефективності.....	44
3.2 Моніторинг та аналіз енергоспоживання.....	45
3.3 Моделювання в спеціалізованих програмних продуктах.....	47
3.3.1 Огляд існуючого програмного забезпечення .....	47
3.3.2 Моделювання в програмному середовищі DesignBuilder .....	48
3.3.3 Модель фактичного (actual) енерговикористання .....	49



3.3.4 Модель базового (baseline) та запропонованого (proposed).....	52
3.4 Інтегрована вартість.....	53
3.5 Розрахунок середньої радіаційної температури.....	56
3.6 Вплив термомодернізації на рівень теплового комфорту .....	59
3.6.1 Характеристика моделі дослідження.....	60
3.6.2 Зміна категорії щодо забезпечення комфортних умов .....	64
Висновки до розділу .....	66
4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ.....	68
Висновки до розділу .....	70
5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ «БІЗНЕС-МОДЕЛЬ ПРОГРАМАТОРА ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТНИХ УМОВ».....	71
5.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту.....	71
5.2 Обґрунтування актуальності інноваційної ідеї стартап-проекту.....	72
5.3 Аналіз конкурентного середовища.....	73
5.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту.....	75
5.5 Ключові види діяльності та ключові партнери.....	76
5.6 Фінансове обґрунтування стартап-проекту.....	76
5.6.1 Прямі матеріальні витрати.....	76
5.6.2 Витрат на оплату праці.....	77
5.6.3 Інші прямі витрати .....	78
5.6.4 Умовно-змінні витрати .....	78
5.6.5 Умовно-постійні витрати .....	79
5.6.6 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проекту .....	79
5.7 Обґрунтування рівня рентабельності (прибутковості) інноваційної ідеї...79	
5.8 Обґрунтування вартості виробництва інноваційної техніки.....	80
5.9 Цільові групи потенційних споживачів.....	81
5.10 Канали збуту.....	82
5.11 Бізнес-модель проекту.....	83
Висновки до розділу .....	84
ВИСНОВКИ.....	85

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	87
ДОДАТКИ.....	92

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ДБН – Державні будівельні норми  
 ISO – International Organization for Standardization  
 ІТП – індивідуальний тепловий пункт  
 КП – комп’ютерна програма  
 EN – Європейські норми;  
 PMV – прогнозована середня оцінка тепловідчуттів людини;  
 ДСТУ – Державний стандарт України;  
 ГВП – гаряче водопостачання;  
 ЕЕ – енергоефективні заходи з енергозбереження;  
 МІТП – модульний індивідуальний тепловий пункт;  
 ДБН – Державні будівельні норми;  
 ТП – трансформаторна підстанція;  
 ВРП – ввідно-розподільчий пункт;  
 АСОЕ – автоматизована система обліку електроенергії;  
 ЛУЗОД – локальна установка збору і обробки даних;  
 АСЕМ – автоматизована система енергомоніторингу;  
 ПЕР – паливно-енергетичні ресурси;  
 ПУП – постачальник універсальних послуг;  
 ТОВ – товариство з обмеженої відповідальності;  
 ПрАТ – приватне акціонерне товариство.

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$Q$  – теплота;  
 $Q_{oq}$  – питома опалювальна характеристика будівлі;  
 $Q_{nr}$  – нижча робоча теплота згорання палива;  
 $t_{p.o}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення;  
 $t_{вн}$  – внутрішня температура в приміщеннях будівлі;  
 $\delta$  – товщина;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності;

$\rho$  – густина.

## ІНДЕКСИ

*б* – базовий;

*о,в* – опалення та вентиляція;

*сер* – середній.

*вн* – внутрішній;

*з* – зовнішній;

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Близько 40 % світового енергоспоживання та 1/3 викидів парникових газів припадає на будівлі [1]. Відповідно до цього адаптують українські стандартів до міжнародних і відповідно зростають вимоги щодо ефективного використання енергії будівлями [2–4]. Підвищення енергетичної ефективності будівель можливе за рахунок сукупності заходів, спрямованих на теплозахисну оболонку будівлі, систему опалення та джерело теплоти. Тому це питання вимагає загального комплексного підходу вирішення, враховуючи різні обмеження, спричинені вимогами до належної якості мікроклімату у приміщенні. Висока якість мікроклімату у приміщеннях представлена сучасними стандартами та показниками [5–8]. У даній ситуації важливим є здобуток належного компромісу між зниженням енергопотреби та енергоспоживання будівель та задоволення належного рівня теплового комфорту.

У міжнародній практиці значну долю уваги приділяють питанню енергоефективності будівель, на що вказують діючі нормативні документи. У Європейському Союзі розроблено багато відповідних стандартів. Їх перекладено та впроваджено в Україні, а саме такі як: EN ISO 13790: 2008 [2] – представлено методику для розрахунку річної потреби та енергоспоживання для опалення та охолодження, запропоновано три варіанти розрахунку енергопотреби, а саме: простий погодинний, помісячний та динамічне моделювання; EN 15217: 2007 [3] – представлено методи для визначення енергетичної сертифікації будівель та їх енергоефективності; EN 15603:2008 [4] – цей стандарт об'єднав в собі всі результати, отримані за методиками інших стандартів, в яких наведено алгоритм розрахунку енергоспоживання, а також наводить енергетичні оцінки, які ґрунтуються на первинній енергії та викидах двооксиду вуглецю.

На даний час в Україні відбувається пристосування вітчизняних стандартів до європейських, а це в свою чергу приводить до підвищення вимог термічного опору огорожувальних конструкцій [9], а підвищення цін на теплову енергію та газ обумовило самостійне вирішення питання термомодернізації будівлі. На жаль,

зазначені заходи не призводять до омріяних та довгоочікуваних результатів у напрямку спрямованих на економію. Дану проблему може вирішити тільки комплексний підхід щодо удосконалення теплової ізоляції та до будівлі в цілому дозволить вирішити проблему підвищення енергоефективності будівель.

Ще одним не менш важливим питанням, яке буде розглядатися, є підвищення якості теплового комфорту в будівлях. А це пов'язане з визначеними показниками теплового комфорту, значення яких визначають відповідні стандарти. В основу сучасних стандартів покладена енергетична модель людини. Для оцінювання комфортних умов використовують такі показники, як: PMV (прогнозована середня оцінка тепловідчуттів людини) та PDD (прогнозований процент незадоволених) [7], за принципом яких відповідно визначаються три зони комфортності (А, В і С) [10].

Параметри мікроклімату у приміщеннях та комфортність умов в Україні визначають на основі таких документів, як: ДСТУ Б EN 15251:2011 – визначає параметри мікроклімату приміщення, що впливають на енергетичні характеристики будівель [5]. Цей стандарт визначає, як досягти заданих параметрів мікроклімату приміщення для проектування систем будинку та розрахунків енергетичних характеристик; ДСТУ Б EN 15261:2012 – наведено розрахунок параметрів мікроклімату [6]; ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 – цей стандарт представляє аналітичне визначення показників теплового комфорту, критеріїв локального теплового дискомфорту, охоплює оцінку допустимого теплового середовища.

Велика кількість стандартів щодо якості теплового клімату та підвищення енергоефективності будівель обумовлюють підвищення наукового інтересу до цієї проблематики. Тому закордонними дослідниками, а саме I. Budaiwi [11] – розглядається створення відповідних теплових умов для задоволення бажань людини до теплового комфорту. У своїй статті дослідник наводить спеціальну анкету за допомогою якої можна виявити проблеми з комфортним умовами та завчасно запобігти їм. Дослідники B. Simons, C. Koranteng, E. Adinyira, J. Ayarkwa [12] – аналізують тепловий комфорт в багатоповерхових офісних будівлях, де дослідження було спрямоване на оцінку рівня теплового комфорту в кабінетах, що

провітрюються природним та механічним способом. Також дослідники M. La Gennusa, A. Nucarab, G. Rizzo, G Scaccianoce [13]– представили простий метод для оцінки середньої радіаційної температури для людського предмету розміщеного в обмеженому просторі.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1 Загальний опис

Об'єктом даного дослідження є Гуртожиток №1 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» показаний на рисунку 1.1.

Адреса будівлі: вул. Академіка Янгеля, 5 , м. Київ.



Рисунок 1.1 – Гуртожиток №1

Адреса будівлі: м. Київ, вул. Патріарха Мстислава Скрипника 40А.

Функціональне призначення: гуртожиток студентський.

Загальна площа: 5934 м<sup>2</sup>.

Загальний об'єм: 20175 м<sup>3</sup>.

Опалювальна площа: 4711 м<sup>2</sup>.

Опалювальний об'єм: 16017 м<sup>3</sup>.

Кількість поверхів: 5.

Рік прийняття в експлуатацію: 1927.

Будівля гуртожитку побудована 1927 року. Має 5 поверхів з горищем та підвалом.



В гуртожитку є спортзал, службові приміщення та теплопункт №1 (ТП1). Загальна кількість кімнат для проживання становить 172. Сьогодні в гуртожитку проживає 498 студентів.

Будівля гуртожитку цегляна, має скатний дах, вкритий шаром гравію керамзитового та ззовні встелено руберойдом. Загальна опалювальна площа 4711м<sup>2</sup>. Площа засклення 624м<sup>2</sup>. Вентиляція приміщень гуртожитку здійснюється природним шляхом через вентиляючі отвори.

Опис огорожувальних конструкцій наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Опис огорожувальних конструкцій будівлі

Огороджувальні конструкції	Конструктивний опис
Стіни	Цегляна кладка, порожниста керамічна цегла, оштукатурені та пофарбовані з внутрішньої сторони.
Підлога	Залізобетонні панелі на цементно-піщаному розчині. Підлога в приміщеннях з природнього каменю.
Дах	Залізобетонні панелі на цементно-піщаному розчині, вкрито шаром гравію керамзитового та ззовні встелено руберойдом.
Вікна	Металопластикові з подвійним склопакетом та частина дерев'яних.
Двері	Дерев'яні з тамбуром, металопластикові та металеві.

## 1.2 Фактичне споживання енергоресурсів

Для забезпечення потреб студентів, у гуртожитку використовуються такі енергетичні ресурси, як теплова енергія, електрична енергія, холодна вода наведені у таблиці 1.2 (споживання у натуральній формі) та таблиці 1.3 (споживання у грошовій формі). Оплата спожитих енергоресурсів відбувається відповідно до діючих тарифів.

Таблиця 1.2 – Дані про енергоспоживання впродовж 2017-2019 рр. у натуральній формі

№ п/п	Найменування енергоносія	Одиниці виміру	Обсяг споживання енергоносія		
			2017	2018	2019
1	Теплова енергія	Гкал/рік	904,69	726,73	798,69
2	Електрична енергія	кВт·год/рік	323125	320040	286733
3	Холодна вода	м <sup>3</sup>	43099	20957	20745

Таблиця 1.3 – Дані про енергоспоживання протягом 2017-2019 рр. у грошовій формі

№ п/п	Найменування енергоносія	Обсяг сплачених коштів за споживання енергоресурсів, тис. грн.		
		2017	2018	2019
1	Теплова енергія	1252518,33	962362,21	1224742,5
2	Електрична енергія	287190,72	290898	260716,5
3	Холодна вода	580007,05	260956	416076

Обсях коштів, сплачених у 2019 році за спожиті енергоресурси наведено на рисунку 1.2.

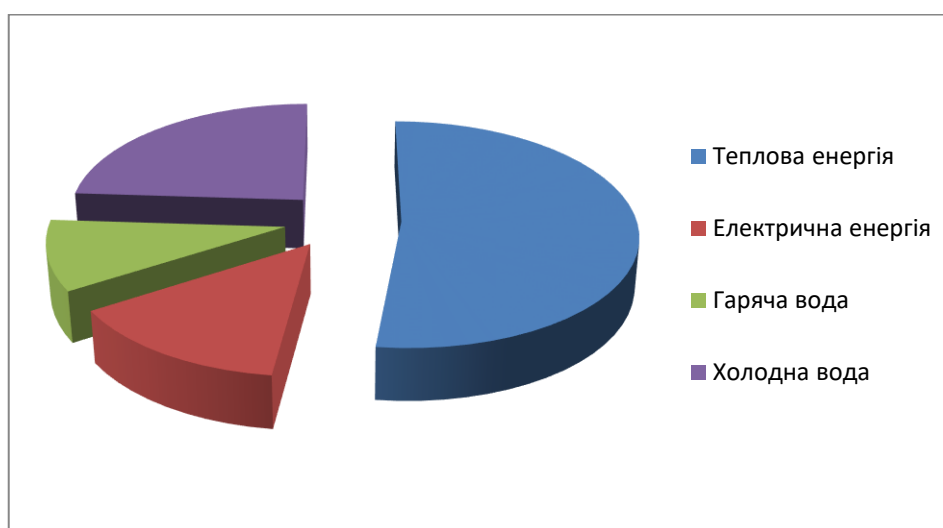


Рисунок 1.2 – Оплата енергоресурсів у 2019 році

Динаміку споживання електричної енергії у МЗК (кВт·год) за місяцями зображено на рисунку 1.3.

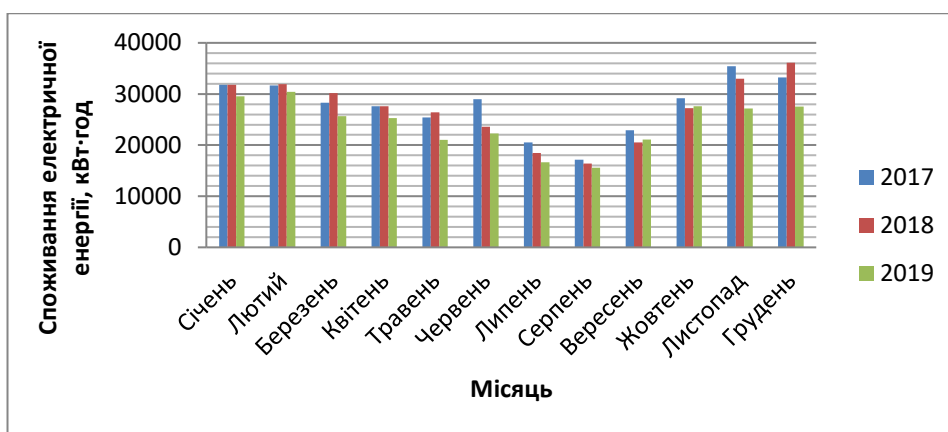


Рисунок 1.3 – Динаміка споживання електричної енергії за 2017-2019 рр.

Споживання електричної енергії нерівномірне протягом року, оскільки взимку та восени тривалість світлового дня менше і більше часу використовується освітлення. Влітку споживання електричної енергії знижується через канікули. Взимку також клімат в кімнатах сприяє високому електроспоживанню через те, що можливе використання електричних опалювальних приладів для створення комфортних умов.

Використання електричної енергії, протягом року значно змінюється, що зумовлено тим що, в різні пори року освітлення використовується, більші чи менші періоди часу. Різкий спад споживання в літку зумовлений, канікулами, та меншою присутністю студентів. Взимку споживання збільшується і за рахунок додаткового догрівання кімнат, за рахунок електро нагрівачів.

Динаміку споживання теплової енергії на потреби опалення (Гкал) за місяцями зображено на рисунку 1.4.

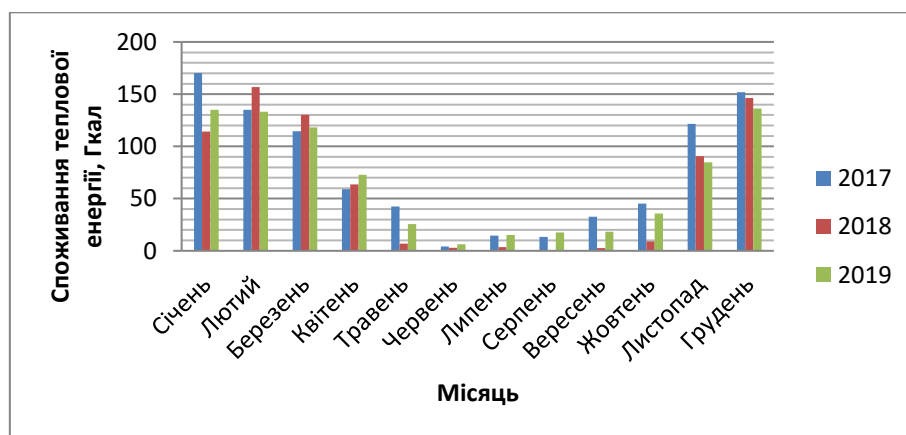


Рисунок 1.4 – Динаміка споживання теплової енергії за 2016-2018 рр.

В гуртожитку тепла енергія використовується для опалення приміщень, тому максимальне споживання теплової енергії спостерігається у опалювальний період. Збільшення та зменшення споживання зумовлено середньо місячними температурами що можуть значно відрізнятись, на розглянутих періодах часу. Споживання теплової енергії на потреби опалення відбувається лише в опалювальний період та регулюється постачальною організацією.

### 1.3 Підходи щодо оцінки рівня теплового комфорту та категорії будівлі щодо забезпечення комфортних умов

Оскільки вимоги до енергозбереження зростають, то забезпечення комфортних умов мікроклімату є обмежувальним фактором. Отже існує декілька математичних моделей тепловідчуттів людини за різних параметрів навколишнього середовища і їх розвиток почався ще з 1970 року [14]. Однією з таких моделей є модель А. Р. Gagga [15] – дана модель представляє зв'язок між тепловими відчуттями людини та умов довкілля і базується на емпіричній моделі [16]. Далі модель [17] визначає залежність для зимового періоду між температурою повітря в приміщенні та середньою радіаційною температурою. Модель Ван – Зулена [18] також пов'язує між собою такі параметри як середню радіаційну температуру, температуру в приміщенні, швидкість руху та тиск повітря:

$$S = 7,83 - 0,1 \cdot t_b - 0,0968 \cdot t_p - 0,0372 \cdot p_{\pi} + 0,0367 \cdot v^{0,5} (37,8 - t_b) \quad (1.1)$$

де  $S$  – показник теплового відчуття людини: 1 – жарко; 2 – тепло; 3 – приємно тепло; 4 – комфортно; 5 – приємно прохолодно; 6 – холодно; 7 – дуже холодно;

$t_b$  – температура повітря у кімнаті, °C;

$t_p$  – середня радіаційна температура повітря, °C;

$p_{\pi}$  – парціальний тиск, бар;

$v$  – швидкість руху повітря у кімнаті, м/с.

На таких же параметрах заснована модель Уінслоу С.Є та Гейджа А.П. [39]:

$$S = 11,16 - 0,0556 \cdot t_B - 0,0538 \cdot t_p - 0,0372 \cdot p_n + 0,014 \cdot v^{0,5}(37,8 - t_B) \quad (1.2)$$

Наявна ще адаптивна модель теплового комфорту, яка розуміє під собою, що людина може самостійно адаптуватися до змінних умов у приміщенні. Дана модель представляє залежність між середньомісячною температурою повітря та операційною температурою. Ця модель розвинена у вітчизняному та європейському стандарті ДСТУ EN 15251 [20] та в американському ASHRAE 55: 2004 [19].

На мою думку найбільш впливовою є модель Фангера [16] тому що вона заснована на великій кількості досліджень і на об'єктивності отриманих результатів. Дана модель заснована на індексі PMV. Вона заснована на теоріях терморегуляції та теплового балансу. Відповідно до цих теорій, людський організм використовує фізіологічні процеси, щоб підтримувати баланс між теплом, що виробляється метаболізмом і теплом, втраченим в організмі. І саме цим методом будемо користуватися в даній роботі.

Відповідно до ДСТУ Б EN 15251:2011 [20] різні категорії внутрішнього середовища встановлюються виходячи з різних критеріїв для PMV та PPD, які визначаються відповідно [21], представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Приклади рекомендованих категорій для проектування будівель із механічним опаленням та охолодженням

Категорія	Тепловий стан будівлі в цілому	
	<i>PPD</i> %	Очікувана середня оцінка ступеня комфорту (індекс комфортності) Predicted Mean Vote
I	< 6	$-0,2 < PMV < +0,2$
II	<10	$-0,5 < PMV < +0,5$
III	<15	$-0,7 < PMV < +0,7$
IV	>15	$PMV < -0,7$ ; або (or) $+0,7 < PMV$

Та в таблиці 1.5 зазначимо сфери застосування даних категорій.

Таблиця 1.5 – Сфери застосування категорій

Категорії	Пояснення
I	Високий рівень очікувань, рекомендований для приміщень, що займають дуже чутливі та слабкі люди з особливими потребами, такі як інваліди, хворі, маленькі діти та люди похилого віку
II	Нормальний рівень очікувань має виконуватися для нових будівель та реновації
III	Допустимий середній рівень очікувань може бути використаний для існуючих будівель
IV	Значення поза межами критеріїв вищезгаданих категорій. Ця категорія має прийматися для обмеженого періоду року

### Висновки до розділу

Даний гуртожиток є досить типовою будівлею для міста Києва і має такі ж проблеми, як і більшість будівель існуючого житлового фонду. Значні кошти, які ми сплачуємо за енергоресурси та невідповідні умови проживання в кімнатах вказують на доцільність впровадження заходів по зменшенню енергоспоживання та забезпечення комфортних умов у кімнатах. Проаналізовано різні міжнародні підходи щодо оцінки рівня теплового комфорту та категорії будівлі щодо забезпечення комфортних умов. Було обрано найбільш вдалий метод оцінки рівня теплового комфорту. На прикладі досліджуваного гуртожитку видно, що він має значний потенціал до енергозбереження.

## 2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

### 2.1 Дослідження огорожувальних конструкцій будівлі

#### 2.1.1. Існуючий стан та теплофізичні характеристики огорожувальних конструкцій

Опір теплопередачі термічно однорідного непрозорого огороження розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_z}, \quad (2.1)$$

де,  $\alpha_e$ ,  $\alpha_z$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, (Вт/м<sup>2</sup>·К), [2];

$\delta_i$  – товщина і-го шару огорожувальної конструкції, (м);

$\lambda_i$  – коефіцієнт теплопередачі і-ого шару огороження, (Вт/м·К);

$n$  – кількість шарів огорожувальної конструкції.

Значення опору теплопередачі всіх огорожувальних конструкцій та порівняння їх з нормативними значеннями [2] наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Опір теплопередачі огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції (м <sup>2</sup> ·К)/Вт		Площа А, м <sup>2</sup>
	існуюче приведенне значення	мінімальні вимоги	
Зовнішні стіни	1,35	2,8	3688
Горищні перекриття неопалювальних горищ	1,37	4,95	1534
Перекриття над неопалювальним підвалом	1,38	3,75	1184,5
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,46	0,75	624
Зовнішні двері	0,37	0,6	91,6

Зовнішні стіни будівлі виконані з червоної цегли товщиною 0,522м , зовнішня сторона обкладена порожнистою керамічною цеглою товщиною 0,3м, оштукатурені та пофарбовані з внутрішньої сторони . При візуальному огляді

пошкоджень чи дефектів конструкції не виявлено. Приведений опір теплопередачі не відповідає мінімальним вимогам.

Загальна площа віконних блоків складає 14,5% від загальної площі фасаду (коефіцієнт скління фасаду становить 0,145). Вікна частково в дерев'яних рамах, частково в металопластикових. При обстеженні вікон було виявлено, що частина вікон знаходиться в незадовільному стані, роботи по встановленню існуючих металопластикових вікон виконані не в повному обсязі. Вікна на сходовій клітці теж в не задовільному стані, деякі із них розбиті, шви між склоблоками мають значно нижчий термічний опір. Приведений опір теплопередачі віконних конструкцій не відповідає вимогам.

Двері центрального входу дерев'яні. Їх всього двоє. Наявний тамбур вхідної групи. При візуальному огляді дверей виявлено нещільності (між дверною коробкою і рамою), в місцях з'єднання дверних рам з стінами із зовнішнього боку відсутнє шпаклювання, що призводить до витоків теплової енергії. Приведений опір теплопередачі дверей не відповідає мінімальним вимогам.

Стан даху задовільний, на час проведення енергетичного аудиту значних пошкоджень даху не спостерігалось. Приведений опір теплопередачі відповідає вимогам.

Під всією площею будівлі знаходиться неопалювальний підвал. Фундамент залізобетонні панелі на цементно-піщаному розчині. Підлога в приміщеннях з природнього каменю. Приведений опір теплопередачі не відповідає мінімальним вимогам.

Теплові витрати розраховуються за формулою:

$$Q = F \times k \times (t_g - t_3) \times h \quad (2.2)$$

де  $F$  – площа огороження;

$k$  – коефіцієнт теплопередачі;

$\eta$  – коефіцієнт додаткових витрат, не більш 10%;

Приймаємо, що розрахунок внутрішнього повітря  $t_g=18$  °C, розрахунок температури зовнішнього повітря  $t_3=-22$  °C



Коефіцієнт додаткових витрат складаються з таких чинників. Зовнішні стіни і вікна в кутових приміщеннях -5%. На вітер – 5%, розташування на північ, схід - 10%, на захід-5%

Витрата теплоти,  $Q_{inf}$ , на підігрів зовнішнього повітря, що надходить в приміщення крізь нещільності огорож внаслідок роботи природної витяжної вентиляції, згідно з санітарними нормами знаходиться за формулою:

$$Q_{inf}^{cn} = 0,337 \times V \times (t_{вн.} - t_{p.o.}), \quad (2.3)$$

де  $V$  – вентиляований об'єм будівлі.

Втрати теплоти за рахунок інфільтрації та через огорожувальні конструкції розраховано та наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Втрати теплоти через огорожувальні конструкції

ОК	Тип	Орієнтація ОК	Площа ОК, м <sup>2</sup>	$K, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$n$	$1+\Sigma\beta$	$Q_o, \text{Вт}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЗС	Цегляні	Пд	242	0,74	40	1	1,05	7521,36
		Зх	1325,4			1	1,1	43155
		Пн	234			1	1,15	7965,36
		Сх	1253,6			1	1,15	42672,5
В	Металопластикові	Пд	16,4	1,92		1	1,05	1322,5
		Зх	198,7			1	1,1	16786,2
		Пн	14,2			1	1,15	1254,14
		Сх	228,6			1	1,15	20190
	Дерев'яні	Пд	13,3	2,5		1	1,05	1396,5
		Зх	53,3			1	1,1	5863
		Пн	15,5			1	1,15	1782,5
		Сх	83,2			1	1,15	9568
Д	Металопластикові	Пд	2,46	1,54	40		1,05	159,113
		Зх	54,4				1,1	3686,14
	Залізні	Сх	6,8	3,45			1,15	1079,16
	Дерев'яні	Пн	2,81	5,56			1,05	656,191
		Пд	2,81				1,15	718,686
		Зх	22,4				1,1	5479,94
	Дерев'яні (тамбур)	Зх	7,41				1,05	1730,4

## Продовження таблиці 2.2

Дах	-	-	1534	0,73	40	0,9	-	40313,5
Підлога	-	-	1184,5	0,72		0,6	-	20468,2
							Сума	233767

Тоді, сумарні втрати тепла через огорожуючі конструкції складають:

$$Q_{\Sigma} = 233767 \text{ Вт} = 0,233 \text{ МВт}. \quad (2.4)$$

Розрахуємо витрати теплоти на вентиляцію гуртожитку. Так як висота приміщення не більше 3,5 м, тоді розрахунок ведемо за формулою :

$$Q_{\text{inf}} = 0,337 \times 0,8 \times V \times (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) = 0,337 \times 0,8 \times 15445 \times (18 + 22) = 166559 \text{ Вт} = 0,166 \text{ МВт},$$

де  $V_{\text{п}}$  – опалювальний об'єм,  $\text{м}^3$ ;

Розподіл втрат теплової енергії наведено на рисунку 2.1.

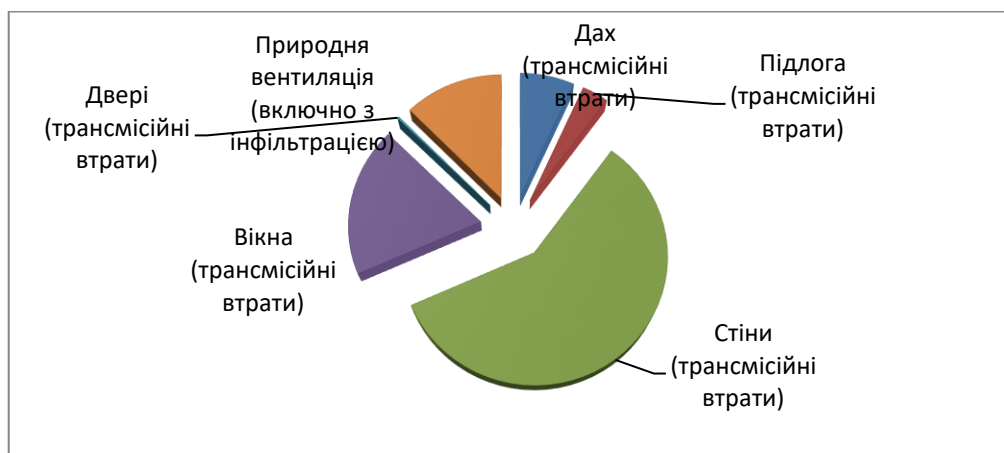


Рисунок 2.1 – Розподіл втрат теплової енергії

### 2.1.2 Тепловізійне обстеження

В січні 2018 року було проведено тепловізійне обстеження будівлі. На момент обстеження температура зовнішнього повітря була  $-2^{\circ}\text{C}$

Результати обстеження представлено на рисунках 2.2 – 2.4.

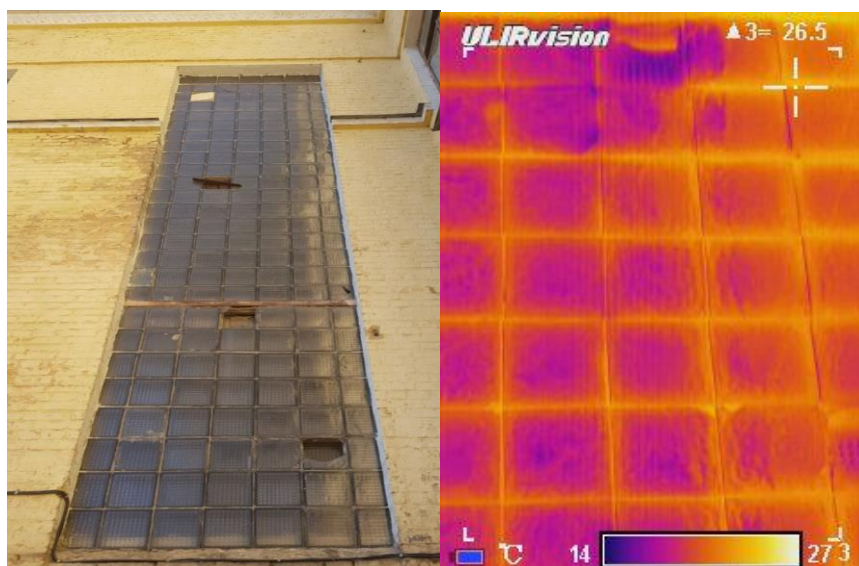


Рисунок 2.2 – Фото вікон в будівлі

Опис: Тепловтрати через віконне огороження. Вікна на сходовій клітці теж в не задовільному стані, деякі із них розбиті, шви між склоблоками мають значно нижчий термічний опір. В місцях стиків зі стіною спостерігаються температурні перепади, що негативно впливає на конструкцію огороження.

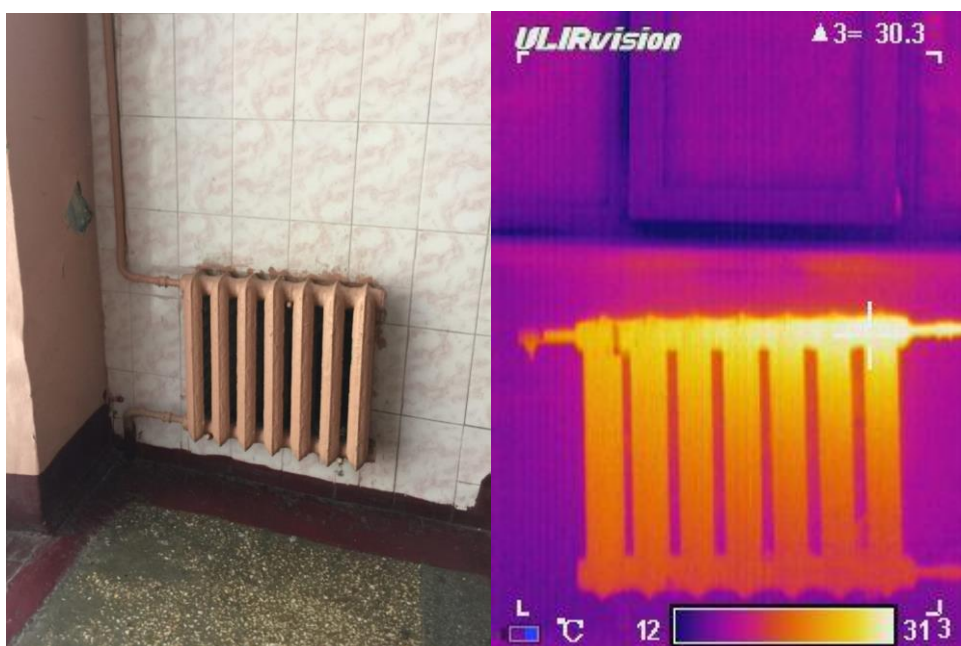


Рисунок 2.3 – Нагрівальні елементи опалення

Опис: Як ми бачимо із прикладених вище фото із тепловізійної зйомки, радіатори знаходяться в задовільному стані, про що свідчить рівномірна температура по всій площі нагріву.

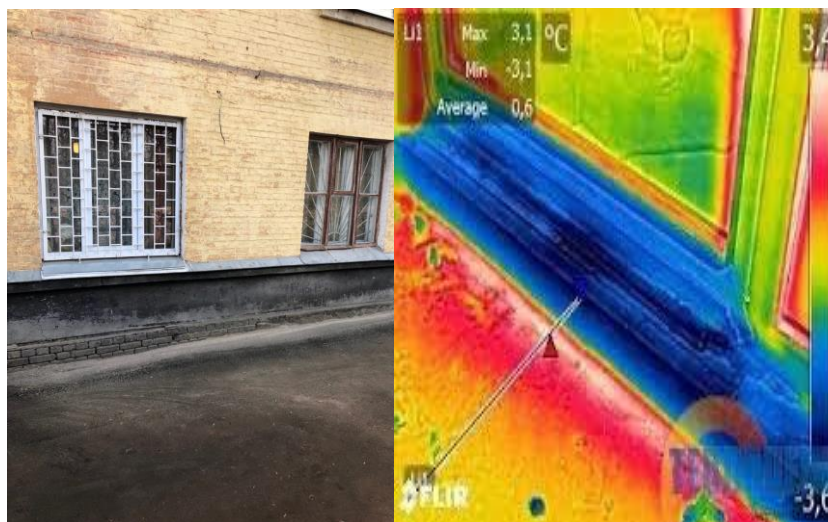


Рисунок 2.4 – Віконні конструкції

Опис: Вікна в будівлі переважно з подвійним склінням в дерев'яних та металопластикових рамах, що не відповідають сучасним вимогам. Тому мають місце відчутні тепловтрати через віконні контрукції.

Тепловізійне обстеження підтверджує наявність значних теплових втрат і вказує на необхідність впровадження енергозберігаючих заходів.

## 2.2 Дослідження інженерних мереж

Система опалення:

Теплопостачання будівлі реалізується за рахунок роботи теплопункту №1, в якому встановлено теплообмінник ТУ У В2.5-25403733.01-99 (рисунок 2.5).

Система опалення виконана з використанням обладнання автоматичного регулювання теплового потоку, циркуляційним насосом та регулюючим клапаном. Що дозволяє регулювати кількість теплоти, залежно від зовнішніх умов. Система теплопостачання 2-х трубна. Облік теплової енергії ведеться тепловим лічильником СВТУ-10М. Оплата за енергоносії здійснюється за показами цього лічильника. Внутрішня система опалення однотрубна (постійний гідравлічний режим).

Як ми бачимо із прикладених вище фото із тепловізійної зйомки, радіатори знаходяться в задовільному стані, про що свідчить рівномірна температура по всій



площі нагріву. Рік прийняття в експлуатацію – 1927 р. Система розподілу виконана з сталевих трубопроводів, розміщених в неопалювальних приміщеннях (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – ІТП гуртожитку

Система тепловіддачі:

Система тепловіддачі складається з опалювальних приладів різного типу (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Радіатори системи опалення у кімнатах та коридорах

Система охолодження, вентиляції:

Вентиляція природня, через нещільності та шляхом відкривання вікон. Система охолодження відсутня.

Система гарячого водопостачання:

Гаряче водопостачання здійснюється від центральних теплових мереж.

Система освітлення:

Система освітлення будівлі представлена лампами різного типу. Система освітлення місць загального користування складається переважно з ламп розжарювання та люмінісцентних ламп. Керування в місцях загального користування в ручному режимі.

### **2.3 Шляхи підвищення ефективності використання системи теплопостачання**

Основним шляхом підвищення ефективності використання системи теплопостачання є термомодернізація будівлі. Термомодернізація передбачає наступні кроки:

1. Теплоізоляція трубопроводів системи опалення;
2. Промивка системи опалення;

Ізоляція трубопроводів, як і решти конструкцій, також стане незамінним елементом, особливо в холодний період. Використання спеціальних ізолюючих матеріалів на поверхні трубопроводів дозволяє домогтися гарних результатів в енергозбереженні та захисту труб від небажаних впливів зовнішніх температурних факторів. На сьогоднішній день, монтаж ізоляції трубних каналів широко застосовується як для побутових, так і для промислових систем, які в якості робочого речовини використовують воду.

Варто виділити основні функції, які виконує ізоляція трубопроводів:

- Зменшення кількості теплових втрат через поверхню трубопроводів, що позитивно впливає як на обігрів приміщення, так і на експлуатацію трубопроводу;
- Ізоляція сильно нагрітої поверхні трубопроводу з метою забезпечення безпеки робочого персоналу;

- Заощадження необхідного показника температури теплоносія в системі опалення, що веде до скорочення енерго- і матеріальних витрат на обігрів приміщення, і на підготовку теплоносія на котельні станції для подальшої його передачі;
- Захист трубопроводу від появи конденсату на його поверхні, що дозволяє виключити його обмерзання, а також поява корозії, і таким чином продовжити термін експлуатації. Найчастіше такого захисту вимагають труби, розташовані в приміщенні, показник температури повітря в якому перевищує температуру речовини, що транспортується;
- Захист трубопроводу через замерзання води, що є особливо актуальним для труб зовнішнього розміщення, з малим діаметром;
- Підвищення ступеня стійкості трубопроводу до появи і дії корозії, що також є ще одним чинником, позитивно впливає на термін експлуатації трубопроводу.

Таким чином, необхідність і користь ізоляції очевидна. Варто сказати, що для таких конструкцій, як трубопроводи, її використання є незамінним аспектом.

З часом в елементах системи опалення осідає значна кількість накипу, що призводить до збільшення їх термічного опору, і відповідно, зменшення теплового потоку. З утворенням накипу на внутрішній поверхні труб зменшується температура зовнішньої поверхні металу, що обігрівається, через низьку теплопровідність накипу. Таким чином, накип сприяє підвищенню температури металу труб та перевитраті енергоносіїв. Товщина відкладень в 1-2 мм вважається значною. Допустима величина інтенсивності відкладень для теплофікаційних систем становить 0,11 г/м<sup>2</sup>•год. За останні 50 років існування гуртожитку промивка системи опалення не відбувалася. Отже в елементах системи опалення відклався накип приблизною товщиною в 2мм, а коефіцієнт тепловіддачі відповідно зменшився на 12%.

## 2.4 Пропозиції щодо енергозбереження

З метою зменшення теплових втрат та забезпечення комфорту мешканців гуртожитку пропонується виконати наступні заходи:

### 1) Утеплення зовнішніх стін

Найбільша частка витрат на енергоресурси в даному об'єкті енергетичного аудиту припадає на теплову енергію. Із проведеного розрахунку теплових втрат нам стає відомо, що приблизно 50 % тепла витрачається на заміщення втрат через стіни. Існуючі стіни мають опір теплопередачі, що не відповідає нормативному значенню. Пропонується встановити додаткову теплову ізоляцію, що дозволить зменшити тепловтрати через стіни. Пропонується утеплення фасадів будівлі та оздоблення декоративною штукатуркою. Технологія виконання - «скріплена ізоляція», матеріал – плити мінераловатні 100 мм, ззовні наноситься штукатурка Ceresit та фарба акрилова.

### 2) Утеплення перекриття що межує з технічним поверхом

Дах будівлі межує з технічним поверхом. Значення опору теплопередачі значно менше за нормативне, тому необхідно виконати утеплення перекриття що межує з технічним поверхом.

Опір теплопередачі горища становить  $R=1.37$ , що значно нижче мінімально допустиме значення, яке становить згідно до ДБН «Теплова ізоляція будівель» для перекриттів горищ при наявності технічного поверху  $R=4.95$

Утеплення перекриття дозволить значно зменшити наднормові втрати тепла, через дах, рекомендовано використовувати мінерально ватними плити товщиною 200 мм.

### 3) Заміна старих вікон на енергозберігаючі

Існуючі вікна не відповідають нормативним вимогам і потребують заміни. Пропонується замінити старі вікна на металопластикові з двокамерним склопакетом та енергоефективним напilenням. Нові вікна дозволять зменшити тепловтрати, але вони погано пропускають повітря, тому для забезпечення



нормативного повітрообміну рекомендується забезпечити роботу локальних систем вентиляції, або хоча б регулярно здійснювати провітрювання кімнат.

Пропонується встановити вінка з паспортними даними на рівні не нижче значення мінімального термічного опору для вікон. Підвищення теплозахисних характеристик зовнішньої оболонки будівлі зокрема встановлення металопластикових вікон призведе до зменшення природного повітрообміну, а відповідно знизить якість внутрішнього повітря.

Проте, даний захід є необхідним для покращення мікроклімату в гуртожитку у разі встановлення металопластикових вікон.

#### 4) Утеплення трубопроводів системи опалення

Трубопроводи системи опалення знаходять в неопалювальних приміщеннях. Існуюча тепла ізоляція знаходиться в незадовільному стані через значний термін її експлуатації та потребує заміни. Пропонується виконати теплоізоляцію трубопроводів з використанням ізоляційного матеріалу, що має одnobічне фольгування та самоклеючу основу.

Вартість утеплювача – 300 грн/м. В неопалювальному просторі розташовується 185 м трубопроводів, що потребують ізоляції.

#### 5) Заміна дерев'яних дверей на металопластикові

Першим і найважливішим моментом, який визначає необхідність зміни дверей є їх стан. Більшість гуртожитків побудовані у радянський період оснащені дерев'яними конструкціями. Але з роками такі блоки перекошилися, деформувалися і закриваються нещільно. Крім того, шумоізоляція дуже низька і щороку необхідно їх утеплювати – у такому випадку міняти двері варто якнайшвидше.

#### 6) Утеплення підлоги

Цьому також варто приділити багато уваги, адже через холодну підлогу може втрачатися до 20% тепла. Щоб цього не допустити, потрібно:

- підготувати піщану основу і добре її утрамбувати;
- зробити стяжку з гідроізоляцією та використанням в якості наповнювача для бетону пінопластової крихти або керамзиту;

- укласти чистове підлогове покриття, яке буде зберігати тепло.

Саме не утеплена підлога є джерелом чималих тепловтрат. Грамотно проведене утеплення підлоги позбавить житлів від холоду взимку, дозволить заощадити на роботі майстрів, зменшить майбутні витрати на опалення.

Для зручності зведемо розрахунки економій та термінів окупності заходів у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунків заходів з енергозбереження

№	Захід з енергозбереження	$\Delta Q$ , Гкал	$\Delta E$ , грн/рік	$T_{ок.}$ , роки
1	Утеплення зовнішніх стін	96,7	162770	9
2	Утеплення даху	44,1	73180	6,6
3	Заміна старих вікон на нові енергоефективні	15,61	22458,8	8
4	Заміна старих дверей	7,62	8955	6,4
5	Утеплення підлоги	44,86	28625	4,5
6	Промивка системи опалення	22,5	33206	4
7	Теплоізоляція трубопроводів системи опалення	28,7	8554	1,3

## 2.5 Дослідження системи електропостачання

### 2.5.1. Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії

#### Схема живлення об'єкта та її аналіз

Постачання електричної енергії здійснює постачальник електроенергії, а діяльність з розподілу електроенергії передана оператору системи розподілу (ОСР). Електропостачання гуртожитку №1 по вул. Академіка Янгеля, 5, м. Київ здійснюється оператором системи розподілу – «ДТЕК Київські електромережі» та компанією-постачальником – «КИЇВСЬКІ ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОСЛУГИ». Альтернативним постачальником електроенергії може бути постачальник

"останньої надії" (ПОН). Державне підприємство зовнішньоекономічної діяльності "Укрінтеренерго" було визначено постачальником "останньої надії" в період з 1 січня 2019 року по 31 грудня 2021 року.

### **Аналіз динаміки тарифів на електроенергію**

Оплата спожитої електричної енергії гуртожитком №1 здійснюється за одноставковим тарифом. Вартість електроенергії за даними організації в період з 2017 р. по 2019 р. поступово збільшувалась з 0,65 грн./(кВт год) у січні 2017 р. до 0,9 грн./(кВт год) у грудні 2019 р.

Проаналізуємо споживання активної та реактивної електричної енергії. Для цього представимо статистику споживання за минулі роки в таблицях 2.4 та 2.5.

Таблиця 2.4 – Дані споживання активної електроенергії

	2017	2018	2019
Місяць	кВт/год	кВт/год	кВт/год
Січень	31800,00	31800,00	29520,00
Лютий	31680,00	31920,00	30420,00
Березень	28320,00	30180,00	25680,00
Квітень	27600,00	27600,00	25260,00
Травень	25380,00	26400,00	21000,00
Червень	28980,00	23580,00	22260,00
Липень	20520,00	18480,00	16620,00
Серпень	17160,00	16380,00	15599,00
Вересень	22920,00	20520,00	21068,00
Жовтень	29160,00	27240,00	27575,00
Листопад	35460,00	33000,00	27135,00
Грудень	33240,00	36120,00	27548,00

Таблиця 2.5 – Дані споживання реактивної електроенергії

	2017	2018	2019
Місяць	квар.год	квар.год	квар.год
Січень	25440,00	25440,00	23616,00
Лютий	25344,00	25536,00	24336,00
Березень	22656,00	24144,00	20544,00
Квітень	22080,00	22080,00	20208,00
Травень	20304,00	21120,00	16800,00
Червень	23184,00	18864,00	17808,00
Липень	16416,00	14784,00	13296,00
Серпень	13728,00	13104,00	12479,00
Вересень	18336,00	16416,00	16845,00
Жовтень	23328,00	21792,00	22060,00
Листопад	28368,00	26400,00	21708,00
Грудень	26592,00	28896,00	22038,00

Для кращої візуалізації представимо дані таблиці в вигляді діаграм на рисунку 2.7 та 2.8. З діаграм видно, що споживання електроенергії нерівномірно протягом року. Це можна пояснити тим що в літній період студенти знаходяться на канікулах, більшість з них не проживає в гуртожитку. А в холодну пору року світловий день стає меншим, що і спричиняє ввімкнення внутрішнього і зовнішнього освітлення раніше.

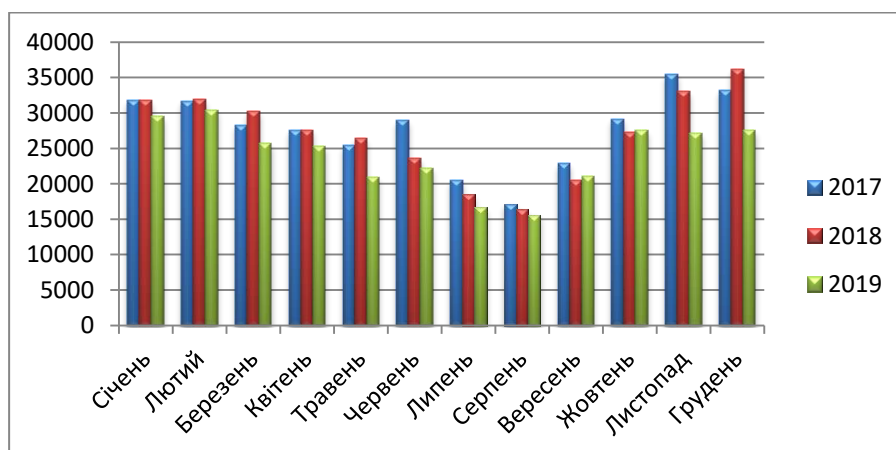


Рисунок 2.7 – Діаграма споживання активної електроенергії

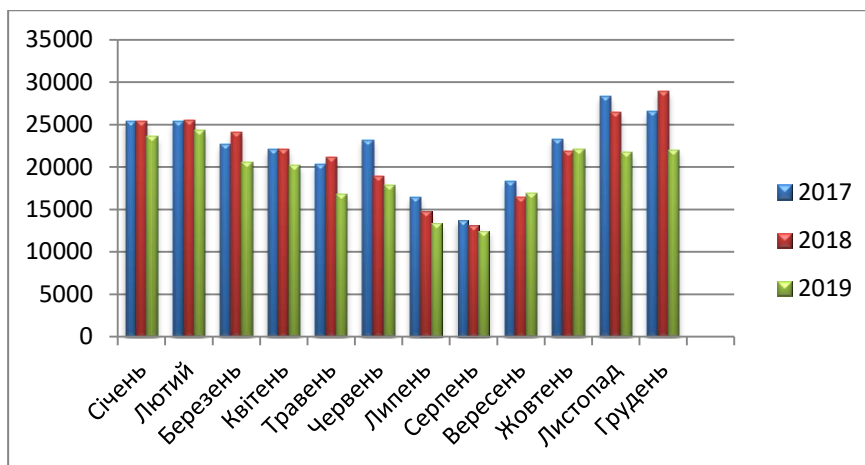


Рисунок 2.8 – Діаграма споживання реактивної електроенергії

В досліджуваному гуртожитку не ведеться облік та компенсація реактивної потужності, оскільки плата за споживання реактивної потужності не передбачена наявними тарифами.

## 2.5.2. Аналіз поточного технічного стану системи електропостачання

### Опис системи електропостачання.

Електропостачання гуртожитку, що знаходиться за адресою м. Київ, вул. Янгеля, 5 здійснюється від ТП-5167. ТП знаходиться поза територією гуртожитку. Живлення здійснюється від двох трансформаторів ТМ-630/10/0,4. Живлення від ТП до будівлі здійснюється двома каб АВВГ (4×150), прокладеними у землі, довжиною 150 м.

Трансформаторна підстанція 5167, яка живить гуртожиток електроенергією знаходиться на балансі НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Експлуатаційна відповідальність за технічне обслуговування та ремонт ТП покладається на головного енергетика.

Відповідно до класифікації, за ступенем надійності електропостачання переважна більшість споживачів електричної енергії в гуртожитку до II категорії

надійності. Електроприймачі II категорії рекомендується забезпечувати електроенергією від двох незалежних взаємо-резервуючих джерел живлення.

Розподільне електроустаткування, що наявне в гуртожитку, перебуває в робочому стані.

Головний розподільний щит (ГРЩ) застосовується для прийому і розподілу електроенергії в трифазних силових мережах з номінальною напругою 380 В змінної напруги частотою 50 Гц. В ГРЩ застосовуються лічильники обліку електроенергії. При негативних змінах показників, персонал, що здійснює обслуговування ГРЩ в будь-який момент може відключити подачу електроенергії. На випадок перевантажень або короткого замикання ГРЩ укомплектований автоматичними вимикачами, які відповідають за відключення системи при аварії.

В ГРЩ виконується розподіл електроенергії на секцію 1 та секцію 2. Від першої секції, живиться: освітлення першого, другого, третього, четвертого та п'ятого поверхів, розетки та резерв, а від другої - теплопункт, освітлення підвалу, першого, другого, третього, четвертого та п'ятого поверхів та резерв.

### **Облік споживання електроенергії**

Облік електроенергії здійснюється двома лічильниками СА-4У І672М, що встановлені в ГРЩ. В свою чергу один з лічильників веде облік електроенергії на секції 1, а другий на секції 2.

Лічильники СА4У-І672М є електровимірювальними приладами індукційної системи. Вимірювальний механізм лічильників складається з 3 обертальних елементів, рухомої системи з двома укріпленими на загальній осі дисками і лічильного механізму.

Аналіз наданих даних показує, що:

- комерційний облік реалізований із застосуванням застарілого лічильника з класом точності 2,0;
- лічильник комерційного обліку повірений, терміни повірки відповідають встановленому міжповірочному інтервалу;

- облік здійснюється лише по активній енергії, облік реактивної енергії не здійснюється;
- покази лічильника щомісяця фіксуються в журналі з обліку електричної енергії (ЕЕ) фахівцями і передаються до служби енергоменеджменту, що потім веде розрахунок з ДТЕК КЕМ;
- облік дозволяє визначати рівень щомісячного споживання ЕЕ.
- лічильник споживання реактивної потужності не встановлений оскільки  $\cos \varphi > 0,95$ .

### **Розрахунок електричного навантаження об'єкта**

За даними які були надані по гуртожитку, питоме навантаження для гуртожитків складає 0,2 кВт на місце, кількість місць становить 668, отже навантаження становить 133,6 кВт. Розрахована фактична активна потужність становить 101,1 кВт, що підтверджує правильність попередньо зроблених розрахунків та врахувань усіх електроспоживачів. З розрахунків, зроблених попередньо, можна зробити висновок що даний ГРЩ відповідає даній будівлі, але для того що б робити деякі заходи енергозбереження потрібно замінити ГРЩ на більш потужніший. Це б дозволило запровадити заходи з енергозбереження, що вимагають використання електроенергії.

### **2.5.3 Шляхи підвищення ефективності використання системи електропостачання для забезпечення електричною енергією**

Витрати на електроенергію щорічно стають більше та складають все більше з кожним роком. Крім того, ціни на електроенергію мають тенденцію до зростання, і тому необхідно підвищувати енергоефективність будівлі, щоб уникнути витрат на нераціональне використання електроенергії.

## **Встановлення інтелектуального освітлення**

Інтелектуальне освітлення має багато корисних властивостей, наприклад, автоматично знижувати яскравість світла, коли працює телевізор. Лампи в подібній системі можуть вмикатися автоматично, коли людина повертається до кімнати, та за допомогою голосових команд.

Комбінуючи систему освітлення та сенсори руху, можна регулювати роботу світильників у коридорі, туалеті. Подібна комбінація дозволить суттєво підвищити рівень комфорту та знизити затрати на оплату рахунків. Як часто ми забуваємо вимкнути світло в туалеті чи коридорі? Сенсори руху просто не допустять цього, адже автоматично вимкнуть світло, якщо в кімнаті не зафіксовано рух. Окрім того, таке керування системою позбавить вас необхідності шукати в темряві вимикач – ви тільки заходите в кімнату або виходите на сходовий майданчик, а світло вже горить.

Особливо актуальним інтелектуальне освітлення лишається для споруд на кілька поверхів, з великою кількістю кімнат. Наприклад, за допомогою системи розумного керування ви можете вимкнути світло на першому поверсі чи на будь-якому іншому. Також можна змінити яскравість у нічний час. Натиском однієї клавіші можна увімкнути або вимкнути світло у всьому гуртожитку.

## **Встановлення сонячної теплової станції (СТС)**

Основними призначеннями та конструктивними особливостями сонячних систем є:

- виробництво теплової енергії (Turbocaldo, 7,5 кВт);
- комбіноване виробництво електричної і теплової енергії (Trinum, 3 кВт теплової енергії та 1 кВт електричної енергії).

Це можливо за рахунок використання параболічного металічного дзеркального диску, який, слідуючи за сонцем, відбиває його промені та концентрує їх для підігріву теплоносія.



## **Встановлення теплових акумуляторів**

Тепловий акумулятор (теплоакумулятор) – електричний обігрівач для накопичення теплової енергії з метою її подальшого використання. Електричний обігрівач накопичує теплову енергію в нічний період доби (при низькому "нічному" тарифі на електроенергію), а потім віддає тепло, за рахунок використання матеріалів високої теплоємності.

Простим та економним способом електричного обігрівання є теплоакумуляуюче обігрівання (фактично електричний радіатор, але з внутрішніми твердими накопичувачами тепла). Такі акумулятори добре ізольовані і довший час можуть віддавати накопичене тепло.

Для накопичення добового тепла необхідно застосовувати нічний тариф електроенергії (вночі електрика дешевша). Корпус радіатора виготовлений з високоякісної сталі, в середині котрого встановлений тепловий акумулятор.

Температура поверхні радіатора 60 С. При електричній потужності нагрівного елемента 2 кВт, акумулятор здатний накопичити 16 кВт\*год тепла ( має масу 100 кг). Встановлюється в кожній кімнаті. Не спалює кисень і не сушить повітря. Суттєва перевага для системи обігрівання – немає води, не боїться замерзання.

## **Встановлення сонячних панелей**

Встановлення сонячної станції буде стимулювати нас економити енергію, яку ми споживаємо. Адже вартість кВт\*год, які ми купуємо в обленерго (1,68 грн), нижча за зелений тариф (близько 4,75 грн) у 2,8 рази.

Таким чином, кожен квадратний метр нашого даху може генерувати до 167 кВт\*год щорічно, що буде економити наше енергоспоживання. За допомогою виробленої енергії можна жити наприклад декілька поверхів освітленням.

Сонячна електростанція (СЕС) - є надійною інвестицією з метою економії та збільшення власного прибутку, ефективніша ніж звичайний банківський депозит.

Краще вкладати гроші в реальні речі, що будуть працювати і приносити свій дохід, незважаючи на ситуацію в країні.

#### **2.5.4. Пропозиції щодо модернізації системи електропостачання об'єкту для реалізації завдань магістерської дисертації**

Основною метою магістерської дисертації є підвищення енергоефективності та рівня теплового комфорту на прикладі студентського гуртожитку №1 КПІ ім.Ігоря Сікорського за рахунок комплексної термомодернізації.

Завданням та метою даного дослідження було енергетичне обстеження будівлі гуртожитку та підвищення якості теплового комфорту пов'язане із конкретними показниками теплового комфорту, значення яких визначають відповідні стандарти. В основі сучасних стандартів лежить енергетична модель людини.

Основними заходами з енергозбереження для комплексної термомодернізації являються: утеплення зовнішніх стін, утеплення підлоги, заміна старих вікон на нові енергоефективні, утеплення даху, теплоізоляція трубопроводів системи опалення, заміна старих дверей, промивка системи опалення.

Так як ми не встановлювали ніякого електрообладнання нам не потрібно вносити пропозиції щодо модернізації системи електропостачання об'єкту для реалізації наших завдань поставлених в магістерській дисертації.

#### **Висновки до розділу**

В електричній частині були проаналізовані графіки споживання електроенергії за останні 3 роки, що засвідчило відповідність споживанню енергії в типовому режимі як для гуртожитку: в холодну пору року світловий день стає меншим, що і спричиняє ввімкнення внутрішнього і зовнішнього освітлення раніше і збільшення споживання електроенергії, в літній період все навпаки так, як студенти знаходяться на канікулах, більшість з них не проживає в гуртожитку.

Було підраховано, що гуртожиток не має значного запасу по потужності, тому пропонується організувати заходи з економії електроенергії. Аналізуючи питання модернізації системи опалення було запропоновано шляхи підвищення ефективності використання системи електропостачання для забезпечення електричною енергією та підвищення комфортних умов проживання студентів.

### 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНЖИНІРИНГ

#### 3.1 Огляд нормативно-правової бази у сфері ЖКГ та енергоефективності

Правові відносини у сфері ЖКГ регулюються законами України та підзаконними нормативно-правовими актами, Енергетичною стратегією України на період до 2030 року; також розроблено нові законопроекти та стандарти для стимулювання енергоефективності у бюджетних установах; організації енергоаудиту та енергоменеджменту [22].

У таблиці 3.1 наведені основні нормативно-правові акти та їх призначення.

Таблиця 3.1 – Огляд нормативно-правових актів

Нормативно-правовий акт	Призначення
1	2
Житловий кодекс [23]	Регулювання житлових відносин з метою забезпечення гарантованого Конституцією права громадян на житло, належного використання і схоронності житлового фонду, а також зміцнення законності в галузі житлових відносин.
Закон України «Про теплопостачання» [24]	Закон визначає основні правові, економічні та організаційні засади діяльності на об'єктах сфери теплопостачання та регулює відносини, пов'язані з виробництвом, транспортуванням, постачанням та використанням теплової енергії з метою забезпечення енергетичної безпеки України, підвищення енергоефективності функціонування систем теплопостачання, створення і удосконалення ринку теплової енергії та захисту прав споживачів та працівників сфери теплопостачання.
Закон України «Про електроенергетику» [25]	Закон визначає правові, економічні та організаційні засади діяльності в електроенергетиці і регулює відносини, пов'язані з виробництвом, передачею, постачанням і використанням енергії, забезпеченням енергетичної безпеки України, конкуренцією та захистом прав споживачів і працівників галузі
Закон України «Про альтернативні джерела енергії» [26]	Закон визначає правові, економічні, екологічні та організаційні засади використання альтернативних джерел енергії та сприяння розширенню їх використання у паливно-енергетичному комплексі.
Закон України «Про енергозбереження» [27]	Закон визначає правові, економічні, соціальні та екологічні основи енергозбереження для всіх підприємств, об'єднань та організацій, розташованих на території України, а також для громадян

## Продовження таблиці 3.1

1	2
Закон України від 22.06.2017 "Про енергетичну ефективність будівель" [28]	Цей закон визначає правові, соціально-економічні та організаційні засади діяльності у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель і спрямований на зменшення споживання енергії у будівлях.
ДБН «Теплова ізоляція будівель» [29]	Ці норми встановлюють вимоги до показників енергоефективності та теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будівель і споруд під час їх проектування, будівництва і порядку їх оцінювання з метою забезпечення раціонального використання енергоресурсів, забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації будівель.
ДБН «Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення» [30]	Поширюються на проектування нових і реконструкцію житлових будинків з умовною висотою до 100 м включно: багатоквартирні, у тому числі спеціалізовані квартирні житлові будинки для осіб похилого віку і сімей з інвалідами та гуртожитки.
ДСТУ «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції та ГВП» [31]	Цей стандарт встановлює розрахунковий метод оцінки річного енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні будівель житлового та громадського призначення, що проектуються або експлуатуються.
ДСТУ «Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків» [32]	Встановлення переліку та порядку проведення робіт з комплексної термомодернізації житлових будинків
ДСТУ «Будівельна кліматологія» [33]	Установлює кліматичні параметри, що використовують при проектуванні будинків та споруд, систем опалення, вентиляції, кондиціонування, складання енергетичного паспорта.
ДСТУ «Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосування» [34]	Цей стандарт є письмовий переклад ISO 50001:2011(E) «Energy management systems — Requirements with guidance for use». Цей стандарт установлює вимоги щодо розроблення, впровадження, підтримання в робочому стані та поліпшення системи енергетичного менеджменту, що призначена надати організації можливість реалізувати систематизований підхід до досягнення постійного підвищення рівня енергетичної ефективності, охоплюючи використання та споживання енергії (енергетичних ресурсів).

### 3.2 Моніторинг та аналіз енергоспоживання

Для проведення модернізації і реконструкції будівлі необхідно попередньо детально дослідити фактичний стан об'єкту та його інженерних систем.

Сучасні комп'ютерні технології і програмне забезпечення дозволяють без складнощів створити динамічну математичну модель об'єкта майже будь-якої складності для подальшого її використання у наукових і професійних цілях.

Для проведення модернізації і реконструкції гуртожитку необхідно зібрати детальну інформацію про наступне [35]:

- ресурс- та енергоспоживання будівель за різні інтервали (година, доба, місяць, рік) за видами ресурсів та потоків;
- геометричні розміри будівлі, площі, об'єми її окремих складових (кухня/спальні/коридори/актова зала/допоміжні приміщення/санвузли та ін.);
- характеристики, розміри та стан огорожувальних конструкцій будівель з урахуванням орієнтації по сторонах світу;
- умови теплопостачання (витрати, тиск, температури енергоносіїв, кількість енергії);
- дані щодо погодних умов (температура навколишнього повітря, сонячна радіація, хмарність) за різні інтервали (година, доба, місяць, рік) та умов мікроклімату приміщень( в тому числі їх добові коливання);
- інвентаризація обладнання (електрична потужність та тривалість роботи) і визначення величини теплонадходжень від їх використання;
- стан джерел теплопостачання, тепловпунктів, інженерних комунікацій, в тому числі: довжини та діаметри трубопроводів, стан ізоляції, кількість опалювальних пристроїв, регуляторів та ін., з визначенням кількості труб, обладнання та арматури у аварійному стані або потребує заміни;
- стан систем вентиляції і основного обладнання, характеристики повітропроводів, аналіз роботи фільтрів і витяжних каналів;
- стан мереж електропостачання, трансформаторів на балансі закладу, розподільчих щитків, автоматів, систем освітлення зовнішніх/внутрішніх та ін.;
- стан систем водопостачання та каналізації, тип, стан і кількість сантехнічного обладнання і вузлів;
- інші системи та обладнання будівлі.

Отримана інформація дозволяє створити базу даних, за допомогою якої може проводитися моніторинг та аналіз даних, а також виявлення та запобігання виникнення аварійних ситуацій.

### 3.3 Моделювання в спеціалізованих програмних продуктах

#### 3.3.1 Огляд існуючого програмного забезпечення

Для організації ефективного енергоспоживання необхідним є використання спеціалізованого програмного забезпечення. Основні характеристики існуючих програмних продуктів наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Огляд існуючих програмних продуктів [47]

Програмний продукт	Призначення	Переваги	Недоліки
AutoCAD	Проектування	Швидкість проектування	Ресурсоємність
Fluent	Моделювання процесів теплообміну	Точність моделювання	Складність інтерфейсу
Therm	Моделювання процесів теплообміну	Точність моделювання	Складність інтерфейсу
RETScreen	Аналіз проектів	Економічний аналіз заходів	Немає можливості формувати звіт
SOLIDWORKS	Аналіз проектів	Інтерфейс та взаємодія	Коротка бібліотека елементів
STATISTICA	Аналіз проектів	Повний набір класичних методів статистичного аналізу	Неможливість побудови енергетичних балансів
GoogleSketchUp	Проектування	Простий інтерфейс	Нескладні об'єкти, нестабільність
ENSI	Аналіз проектів	Енергетична модель будівлі, взаємовплив заходів, баланси	Немає можливості сформулювати повноцінний звіт з енергоаудиту
EnergyPlus	Оцінка екологічної ситуації, прогнозування енергоспоживання	Висока точність моделювання	Складність інтерфейсу
EnergyPlan	Оцінка екологічної ситуації	Структурування даних	Висока вартість
DesignBuilder	Моделювання процесів теплообміну	Висока точність моделювання	Висока вартість

### 3.3.2 Моделювання в програмному середовищі DesignBuilder

DesignBuilder – програмний інструмент на основі EnergyPlus, який використовується для вимірювання та контролю енергії, вуглецю, освітлення та комфорту. DesignBuilder порівнює альтернативні конструкції будівель, використовуючи швидкий та економічний спосіб, заснований на функціях та методі порівняння результатів різних аналізів. DesignBuilder поєднує швидке тривимірне моделювання будівель з динамічним моделюванням енергії, завдяки цій функції він розглядається як якісний програмний інструмент для створення та енергетичної оцінки будівельних конструкцій.

У програмному середовищі DesignBuilder було створено фактичну (actual) модель будівлі гуртожитка (рис. 3.1) з реальними характеристиками її інженерних систем, огорожувальних конструкцій та умов експлуатації (недотримання нормативних температур, відсутня механічна вентиляція). Джерелом кліматичної інформації слугував міжнародний кліматичний файл погоди IWEC з годинним кроком дискретизації даних для м. Київ.

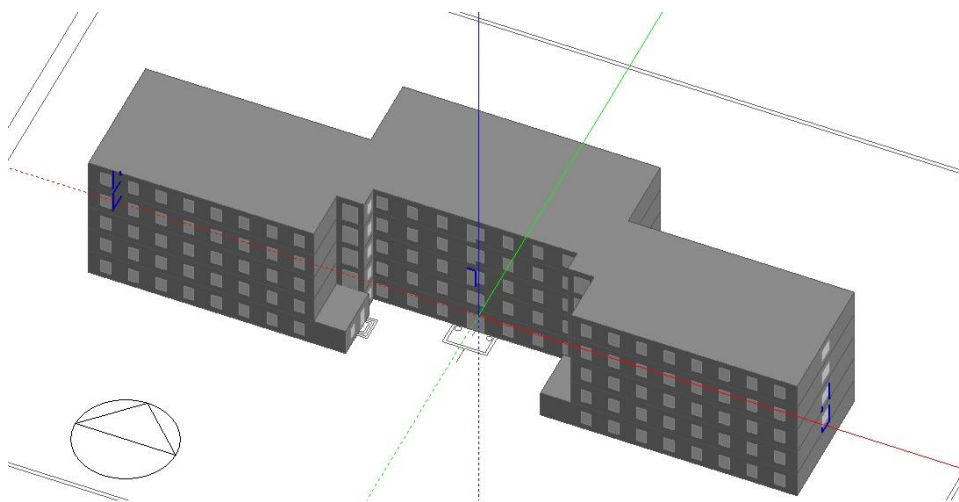


Рисунок 3.1 – Модель навчального закладу у DesignBuilder

Розроблену модель було модифіковано під базовий (baseline), запропонований (proposed).



### 3.3.3 Модель фактичного (actual) енерговикористання

Відповідно до даних розділу 2 було побудовано тривимірну модель будівлі школи та задано всі фактичні характеристики її теплофізичних властивостей. Будівлю було розділено на окремі зони (рис. 3.2), теплофізичні параметри всередині яких суттєво не відрізняються.

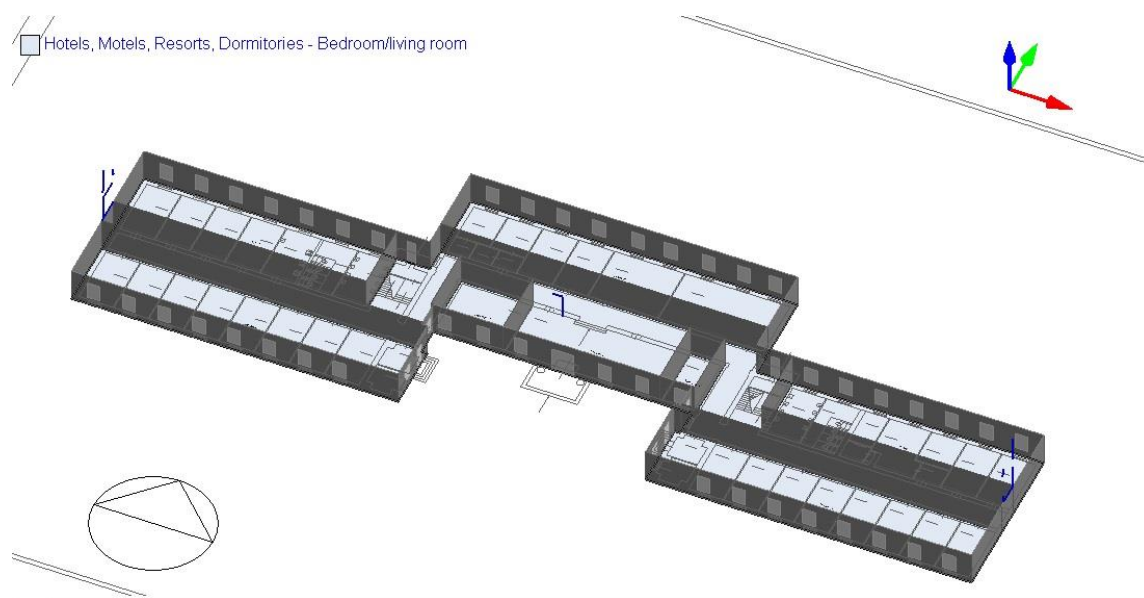


Рисунок 3.2 – Зонування будівлі гуртожитка

У підрозділах програми Acivity для будівлі було задано різні параметри, що описують режим функціонування гуртожитка, основні параметри мікроклімату тощо.

У підрозділах програми Construction та Openings були задані теплофізичні властивості ОК будівлі.

У підрозділі програми HVAC System було прийнято конфігурацію системи опалення (рис. 3.3) з параметрами теплоносія тепlopостачальної організації, та автоматичним регулюванням системи опалення. Також налаштовано систему ГВП (рис. 3.4) відповідно до фактичного стану.

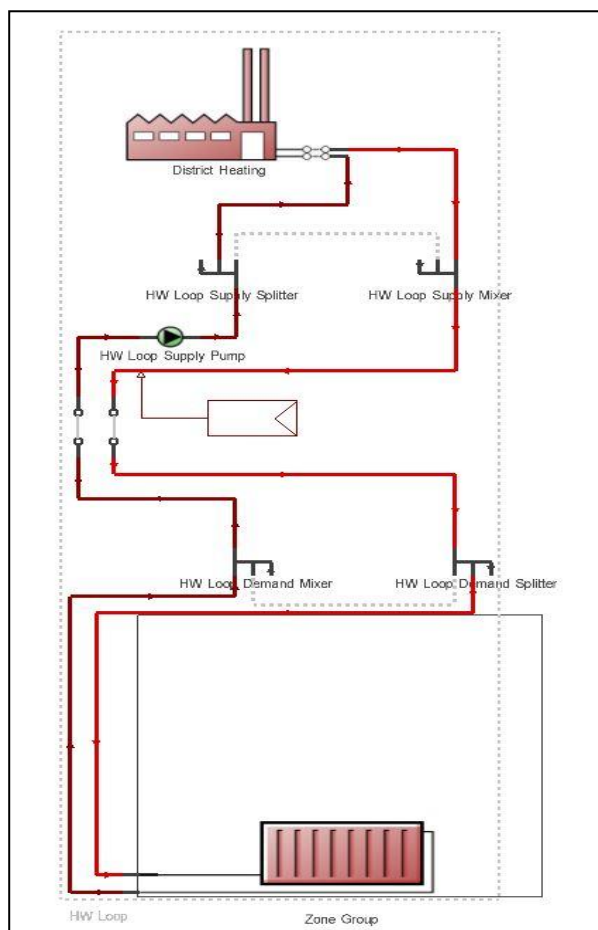


Рисунок 3.3 – Система опалення фактичної моделі

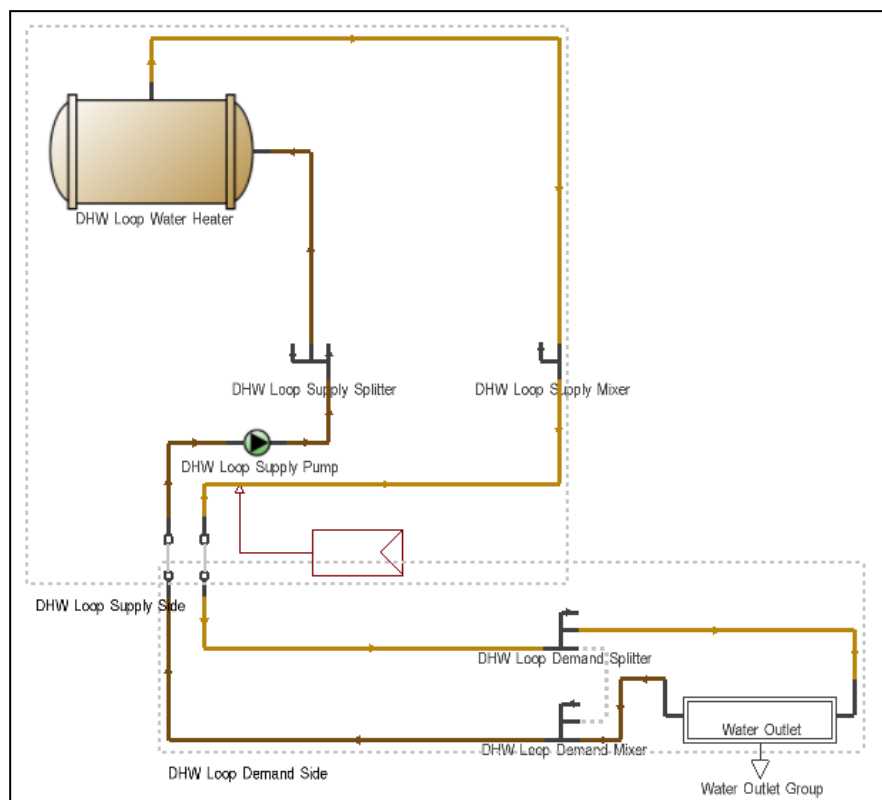


Рисунок 3.4 – Система ГВП фактичної моделі

Просимулювавши побудовану модель будівлі були отримані результати помісячних даних щодо енергоспоживання різних інженерних систем будівлі. Результати моделювання наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Кінцеве споживання енергії (End Uses) фактичної моделі

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	845152.1	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	89611.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	224028	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	640.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	485877.9	8259.9
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	314280	0.00	0.00	0.00	1331030	8259.9

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

В ході моделювання визначено енергоспоживання: фактичне, базове та після впровадження запропонованих енергозберігаючих заходів. Базове енергоспоживання враховує механічну систему вентиляції для забезпечення нормативних вимог по мікроклімату (а саме кратності вентиляції) та автоматичне регулювання в системі опалення відповідно до змін зовнішніх погодних умов.

Як видно з результатів розрахунків, у будівлі не дотримуються нормативні значення мікроклімату у приміщеннях. При порівнянні отриманих результатів з фактичними визначено, що розбіжність у величині теплоспоживання становить 10%, а у величині споживання електроенергії 20%. Вважаємо, що фактична модель з достатньою точністю презентує реальну будівлю та може бути використана як основа для створення моделей з іншими параметрами комфорту.

### 3.3.4 Модель базового (baseline) та запропонованого (proposed) енерговикористання

Програмний продукт дозволяє враховувати різні графіки експлуатації, орієнтацію, теплонадходження, характеристики інженерних мереж та більш деталізовані дані огорожень будівлі, наприклад нерівномірне опалення будинку впродовж доби.

Базове енергоспоживання визначено з використанням кліматичного файлу погоди IWEC (крок дискретизації даних 1 година) [28] та бази даних матеріалів (зовнішніх ОК, світлопрозорих конструкцій, дверей). Фактична модель не відрізняється від проектної, але відрізняється від пропонованої тим, що має природню вентиляцію, і не має примусової механічної вентиляції як показано на рисунку 3.5.

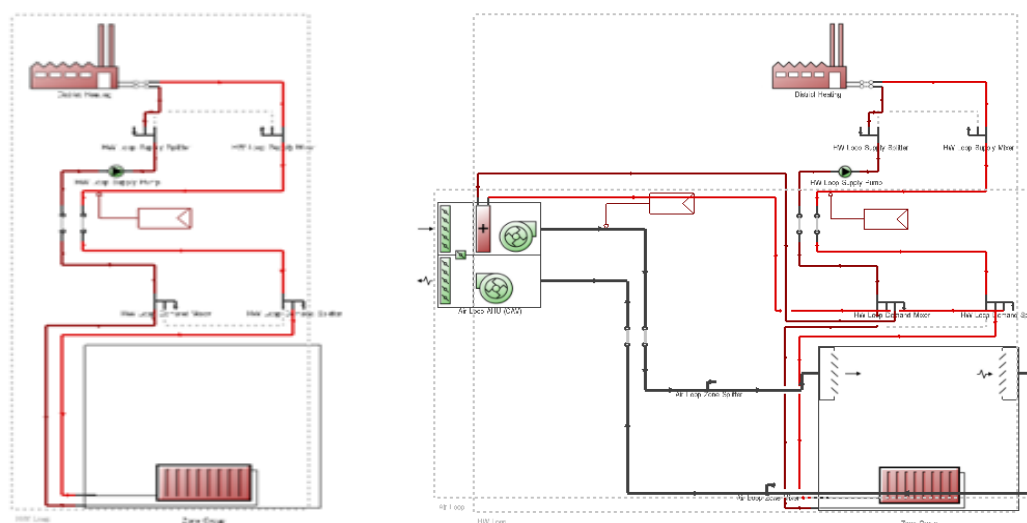


Рисунок 3.5 – Система опалення та вентиляції будівлі, що досліджується:

а) базовий б) запропонований варіант

Енергоефективність будівлі коректно можна оцінити лише при приведенні фактичних параметрів мікроклімату приміщень до їх нормативних вимог. Тому, була створена енергетична модель будівлі школи з базовим (baseline) рівнем використання енергії. Конфігурація системи ГВП не змінювалась.

В ході моделювання було створено 3 моделі, фактичну (існуючий стан), базовий (за проектними даним з додержанням вимог мікроклімату), запропонований (після термомодернізації). Результатами виведені у табличні форми, де розілені

різні групи споживачів, такі як: опалення, охолодження, внутрішнє освітлення, внутрішнє електро обладнання, повітряні вентилятори, водяні насоси. В залежності від видів енергії які використовуються в об'єкті показано.

Загальні результати розрахунку енергоспоживання зведено в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунків енергоспоживання енергоресурсів

Варіант	Електро енергія, кВт·год/рік	Теплова енергія, кВт·год/рік	Холодна вода, м <sup>3</sup>
Фактичний	314280,07	1331030,64	8260
Базовий	314725,65	1589250,58	8260
Пропонований	381866,5	754726,4	8260

За результатами моделювання видно, що в пропонованому варіанті збільшиться споживання електро енергії це збільшення обгрунтовано встановленням рекуператорів, які необхідні для покращення умов мікроклімату.

Очевидним є те, що досліджувана будівля потребує підвищення рівня енергетичної ефективності для зменшення енергоспоживання та забезпечення комфортних умов мікроклімату у її приміщеннях.

### 3.4 Інтегрована вартість

Техніко-економічна оцінка проектів, відповідає сучасним вимогам і включає такі чинники: вплив вартості грошей у часі, зміна у параметрах проекту; інфляція та ризики, які пов'язані з виконанням проекту.

Отже, за допомогою методу руху грошових потоків, зробимо розрахунок теплоти [48]:

$$B = \sum_{\tau=0}^n \frac{B_{\tau}^{\text{обслг}}}{(1+E)^{\tau}} + \sum_{\tau=0}^n \frac{B_{\tau}^{\text{енерг}} (1+l \cdot \tau)}{(1+E)^{\tau}} + I_0, \quad (3.1)$$

де  $B_{\tau}^{\text{енерг}}$  – річні затрати за спожиті енергоносії, грн.;

$B_{\tau}^{\text{обсл}}$  – інші затрати, грн.;

$I_0$  – капітальні затрати на придбання матеріалів, грн.;

$l$  – коефіцієнт, що враховує приріст цін на енергоносії;

$n$  – час, для якого визначаються інтегральні дисконтовані витрати, роки;

$E$  – ставка дисконтування;

$B$  – чиста теперішня вартість витрат.

Функцію  $B$  також називають функція інтегральної вартості системи – це чиста теперішня вартість витрат.

Річні затрати за спожиті енергоносії визначається за формулою (3.2):

$$B_t^{\text{енерг}} = \frac{Q_{H,nd} \cdot C}{\varepsilon}, \quad (3.2)$$

де  $Q_{H,nd}$  – річна енергопотреба будівлі на опалення, кВт·год;

$C$  – вартість енергоносія грн/кВт·год;

$\varepsilon$  – коефіцієнт, який враховує ефективність системи опалення.

Дана функція (3.1) дозволяє враховувати зміну вартості в часі енергоносіїв  $l$ , врахувати дисконтування за допомогою  $E$  та врахувати ефективність системи опалення  $\varepsilon$ .

Результати розрахунків руху грошових потоків для системи до та після термомодернізації представлені на рисунку 3.6, розрахунки розроблено в програмі Mathcad представлено у додатку Б. Графік руху грошових потоків, як інтегральні дисконтовані витрати, при застосуванні централізованого теплопостачання до та після комплексної термомодернізації, це дозволить визначити складний термін окупності після впровадження всіх заходів у порівнянні з існуючим варіантом.

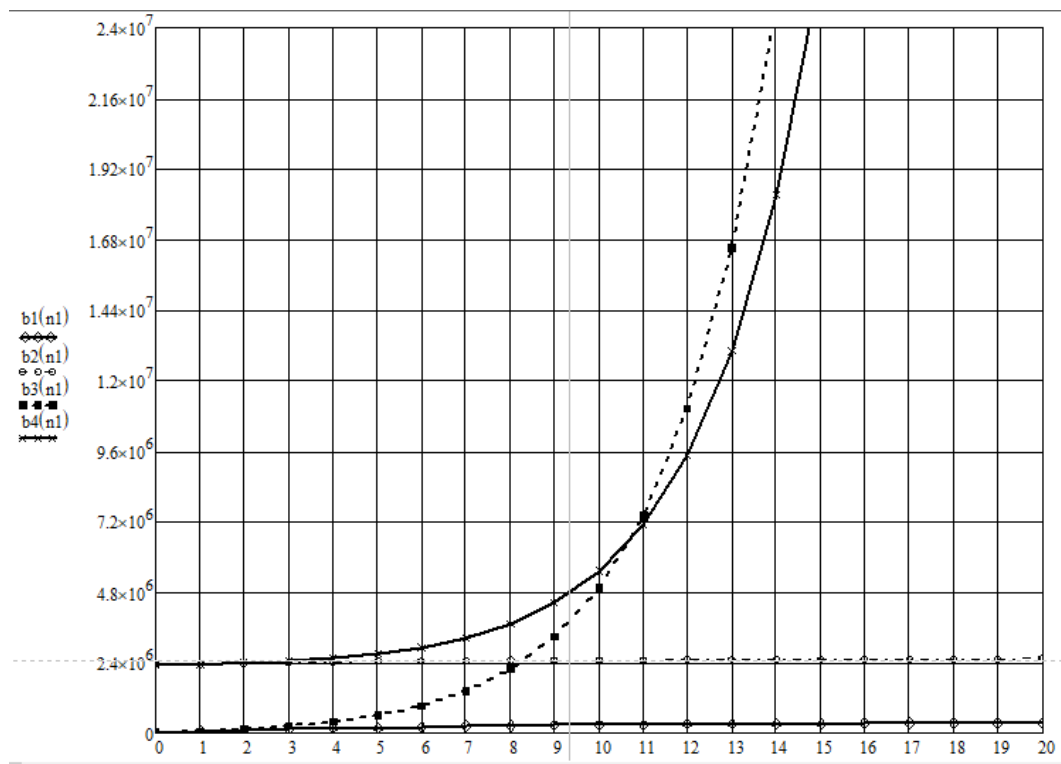


Рисунок 3.6 – Графік руху грошових потоків до та після термомодернізації

$b_1$  – вартість яку ми платимо за опалювальний період до термомодернізації та без зміни вартості енергоносіїв у часі;

$b_2$  – вартість яку ми платимо за опалювальний період після термомодернізації та без зміни вартості енергоносіїв у часі, але з врахуванням капітальних затрат;

$b_3$  – грошові потоки до термомодернізації з урахуванням приросту цін на енергоносії;

$b_4$  – грошові потоки після термомодернізації з урахуванням приросту цін на енергоносії та з врахуванням капітальних затрат.

Отже, роблячи порівняння можна прийти до висновку, що зміна вартості енергоносіїв в часі впливає на термін окупності заходів. При врахуванні коефіцієнта приросту цін на енергоносії, дисконтовані терміни окупності зменшується.

### 3.5 Розрахунок середньої радіаційної температури

Модель для розрахунку середньої радіаційної температури розроблено в програмі Mathcad. Комп'ютерна модель описує приміщення з двома зовнішніми стінами та вікном. Нижче представлені співвідношення, та рівняння для детального опису.

Рівняння теплового балансу кімнати:

$$Q_{\text{в}} + Q_3 = Q_{o\Sigma} + Q_{\text{тн}} + Q_{\text{р.в.2}}, \quad (3.3)$$

де  $Q_{\text{в}}$  – втрати теплоти вентиляцією, Вт;

$Q_3$  – тепловтрати через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт;

$Q_{o\Sigma}$  – теплонадходження від опалювальних приладів, Вт;

$Q_{\text{тн}}$  – додаткові теплонадходження, Вт.

Рівняння балансу енергії для опалювального приладу:

$$Q_{o\Sigma} = Q_o' + Q_o''; \quad (3.4)$$

$$Q_o' = Q_{\text{ок}}' + Q_{\text{оп}}'; \quad (3.5)$$

$$Q_o'' = Q_{\text{ок}}'' + Q_{\text{оп}}''; \quad (3.6)$$

$$Q_o' = F_o \cdot \alpha_o (t_o - t_{\text{вн}}) + A_{\text{пр}} \cdot \sigma \cdot (T_o^4 - T_{\text{вн}}^4); \quad (3.7)$$

$$Q_{\text{ок}}'' = F_o \cdot \frac{t_o - t_{30}}{R_{\alpha 3}}; \quad (3.8)$$

$$Q_{\text{оп}}'' = A_{\text{пр}} \cdot \sigma \cdot (T_o^4 - T_{30}^4); \quad (3.9)$$

$$A_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{A_{o1}} + \frac{1}{A_1} - 1}, \quad (3.10)$$

де  $Q_{o\Sigma}$  – теплонадходження від опалювального приладу, Вт;

$Q_o'$  – кількість теплоти, що надходить від опалювального приладу в кімнату, Вт;

$Q_o''$  – кількість теплоти, що віддається опалювальним приладом зовнішній стіні, Вт;



$Q_{ок}'$ ,  $Q_{ок}''$  – кількість теплоти, яка передається шляхом конвективного теплообміну, Вт;

$Q_{ор}'$ ,  $Q_{ор}''$  – кількість теплоти, яка передається шляхом радіаційного теплообміну, Вт;

$F_o$  – площа приладу опалення, м<sup>2</sup>;

$\alpha_o$  – коефіцієнт тепловіддачі опалювального приладу Вт/м<sup>2</sup>·°С;

$t_o$ ,  $t_{вн}$ ,  $t_3$  – температура приладу опалення, внутрішнього повітря, зовнішнього повітря відповідно, °С;

$t_{30}$  – температура на поверхні зовнішньої стіни з внутрішньої сторони, °С;

$\sigma$  – постійна Стефана – Больцмана ( $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>));

$A_{пр}$  – приведений коефіцієнт поглинання для приладу опалення й зовнішньої стіни;

$A_{o1}$ ,  $A_1$  – коефіцієнти поглинання теплового випромінювання для приладу опалення та зовнішньої стіни відповідно;

$R_{\alpha_3}$  – термічний опір тепловіддачі пристінного прошарку, м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Рівняння теплопереносу назовні від внутрішньої поверхні стіни за приладом опалення:

$$Q_3''' = F_o \frac{t_{30} - t_3}{R_{\alpha_3} + R_3}; \quad (3.11)$$

$$Q_0'' = Q_3''' \quad (3.12)$$

де  $Q_3'''$  – тепловтрати через зовнішню стіну за приладом опалення, Вт;

$R_3$  – термічний опір теплопровідності зовнішньої стіни, м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Значення ефективних та результуючих потоків теплової та сонячної радіації, а також власний тепловий потік для приладу опалення:

$$Q_{рез.о.1} = Q_{эф.о.1} - Q_{во.1} \cdot \varphi_{во-о}; \quad (3.13)$$

$$Q_{рез.о.2} = Q_{эф.о.2} - Q_{во.2} \cdot \varphi_{во-о}; \quad (3.14)$$

$$Q_{\text{эф.о.1}} = Q_{\text{рез.о.1}} \cdot \left(1 - \frac{1}{A_{o1}}\right) + \frac{Q_{\text{е.о.1}}}{A_{o1}}; \quad (3.15)$$

$$Q_{\text{эф.о.2}} = Q_{\text{рез.о.2}} \cdot \left(1 - \frac{1}{A_{o2}}\right); \quad (3.16)$$

$$Q_{\text{е.о.1}} = F_o \cdot \sigma \cdot A_{o1} \cdot T_o^4, \quad (3.17)$$

де  $Q_{\text{рез.о.1}}$  – результуючий потік теплового випромінювання приладу опалення, Вт;

$Q_{\text{рез.о.2}}$  – результуючий потік сонячної радіації від приладу опалення, Вт;

$Q_{\text{эф.о.1}}$  – ефективний потік теплового випромінювання від приладу опалення, Вт;

$Q_{\text{эф.о.2}}$  – ефективний потік сонячної радіації приладу опалення, Вт;

$Q_{\text{е.о.1}}$  – власний потік теплового випромінювання від приладу опалення, Вт;

$A_{o2}$  – коефіцієнт поглинання сонячного випромінювання для приладу опалення.

Для врахування впливу відбиття сонячної радіації та теплового випромінювання розроблено методику визначення радіаційної температури на базі ефективних потоків внутрішніх поверхонь огорожень і приладу опалення:

$$t_i = ((t_{im} + 273)^4 + \frac{0,179 \cdot 10^8 \cdot Q_{\text{эф2i}}}{F_i})^{0,25} - 273; \quad (3.18)$$

$$t_r = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \quad (3.19)$$

де  $t_{im}$  – температура огорожувальної конструкції, що визначається на основі моделі, яка враховує власний теплообмін огорожувальних конструкцій тепловим випромінюванням та сонячною радіацією, °С;

$Q_{\text{эф2i}}$  – ефективний потік сонячної радіації для і-ї огорожувальної конструкції, Вт;

$F_i$  – площа огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>.

Комп'ютерна модель, що дозволяє розрахувати середню радіаційну температуру до та після термомодернізації представлено у додатку А.

Комп'ютерна модель описує приміщення з однією зовнішньою стіною та вікном, у випадку, якщо зовнішніх стін – дві, то для врахування впливу сонячної радіації під час розрахунку середньої радіаційної температури можна скористатися підходом, що визначає середню радіаційну температуру, як середньозважену по площах, а температуру на внутрішній поверхні світлопрозорої огорожувальної конструкції пропонується розраховувати так:

$$t_v = \sqrt[4]{\frac{P_s + P_v}{\sigma}} - 273, \quad (3.20)$$

де  $P_s$  – середнє значення потужності сонячного випромінювання, що надходить на вертикальну поверхню, відповідної орієнтації, Вт;

$P_v$  – потужність власного випромінювання, Вт.

Температура на внутрішній поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій визначається:

$$t_i = t_{\text{вн}} - \frac{t_{\text{вн}} - t_z}{R_3 \cdot R_{\alpha 3}} \quad (3.21)$$

Температура інших огорожувальних конструкцій приймається рівною температурі повітря в кімнаті  $t_{\text{вн}}$ .

### 3.6 Вплив термомодернізації на рівень теплового комфорту

На даний час у світі постає питання яким чином прийти до ефективного використання енергії та в свою чергу не знизити тепловий комфорт у будівлях. Тому це питання є таким важливим та вимагає комплексного підходу до його вирішення.

### 3.6.1 Характеристика моделі дослідження

Наступним кроком даної роботи є моделювання зміни рівня теплового комфорту до та після термомодернізації. За об'єкт дослідження було взято типову кімнату гуртожитку розміщену на другому поверсі будівлі розмірами  $5,88 \times 3,25$  м з одним віконним отвором розміром  $1,6 \times 2,1$  м, модель кімнати дослідження наведена на рисунку 3.7. Коефіцієнт скління 0,3. Дана модель була створена в програмному продукті sketchUp і там же були додані всі інженерні системи, а саме моделювання проводилося у програмному продукті EnergyPlus. Для початку задавалися матеріали огорожувальних конструкцій з їх теплофізичними характеристиками, у таблиці 3.5 зведені всі характеристики та матеріали огорожувальних конструкцій. В таблиці 3.6 наведені базові характеристики моделі дослідження та в таблиці 3.7 представлені характеристики внутрішнього та зовнішнього середовища.

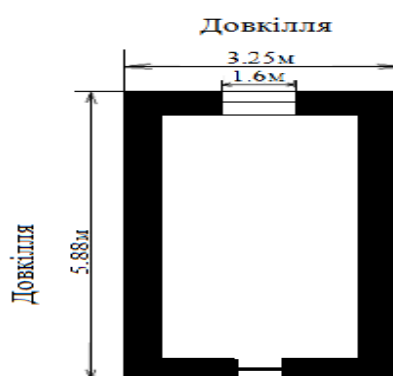


Рисунок 3.7 – Модель кімнати

Таблиця 3.5 – Розрахункові дані для огорожувальних конструкцій

Огородження	Шар	Товщина $\delta, \text{м}$	Теплопровідність, $\lambda \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$	Густина $\rho_0, \text{кг/м}^3$	Питома теплоємність $c, \text{Дж/кг}\cdot\text{К}$
Зовнішня Стіна	Розчин вапняно-піщаний	0,01	0,81	1600	840
	Силікатна цегла	0,51	0,87	1800	880
	Розчин цементно-піщаний	0,01	0,93	1800	840
Вікна	Металопластикові з одинарним склопакетом				
Горищне перекриття	Розчин вапняно-піщаний	0,02	0,81	1600	840
	Залізобетон	0,22	2,04	2500	840

	Гравій керамзитовий	0,15	0,12	200	840
	Розчин цементно-піщаний	0,03	0,93	1800	840
	Руберойд	0,02	0,17	1000	1680
Підлога	Розчин вапняно-піщаний	0,02	0,7	1600	840
	Залізобетон	0,22	2,04	2500	840
	Розчин цементно-піщаний	0,02	0,7	1700	840
	Паркет	0,02	0,41	2300	700
Внутрішні стіни	Розчин цементно-піщаний	0,02	0,7	1600	840
	Цегла	0,51	0,64	1400	880
	Розчин цементно-піщаний	0,02	0,7	1600	840

Таблиця 3.6 – Базові характеристики моделі дослідження

Площа зовнішньої стіни $F_z, m^2$	22,2
Площа вікна $F_v, m^2$	3,36
Термічний опір зовнішньої стіни $R_z, m^2 \cdot ^\circ C / Wm$	1,35
Термічний опір вікна $R_v, m^2 \cdot ^\circ C / Wm$	0,46
Кратність повітрообміну $n, год^{-1}$	1

Таблиця 3.7 – Характеристики внутрішнього та зовнішнього середовища

Температура повітря довкілля $T_o, K$	273
Відносна вологість довкілля $\varphi_o, \%$	78
Відносна вологість повітря в кімнаті, $\varphi_v, \%$	50
Атмосферний тиск, Па	101325
Середня потужність надходження сонячної радіації на вертикальну поверхню $Wt/m^2$	30

Також швидкість обміну речовин приймалася  $70 \text{ Вт/м}^2$ , оскільки в даній кімнаті основний стан людини сидячий, розслаблений, що й характерно для гуртожитків та термічний опір типових комбінацій одягу був обраний для нижньої

білизни з короткими рукавами, сорочки, брюки та взуття і відповідно становить 0,140 м²К/Вт, дані взяті згідно [21].

Моделювання було проведено для типової кімнати розташованої на південній та північній стороні. Наступним кроком було запропоновано утеплення стін, даху та заміна старих вікон на нові енергоефективні. В таблиці 3.8 представлені матеріали для утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Таблиця 3.8 – Матеріали утеплювачів для зовнішніх огорожувальних конструкцій

Огородження	Шар	Товщина $\delta$ , м	Теплопровідність, $\lambda$ Вт/м·К	Густина $\rho_0$ , кг/м³	Питома теплоємність $c$ , Дж/кг·К
Зовнішні стіни	Мінераловатні плити	0,2	0,05	30	920
Перекриття горища	Мінераловатні плити	0,25	0,049	40	920

Віконні конструкції пропонується замінити на двокамерні склопакети з селективним покриттям. Після цього було проведено повторне моделювання.

Отже як було сказано вище розрахунки проводяться по методу Фангера, який представлено в стандарті ISO 7730 [21] та який заснований на рівняннях теплового балансу людини:

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-2,1 \cdot M} + 0,028) \cdot [(M - W) - H - E_c - C_{res} - E_{res}], \quad (3.22)$$

де  $M$  – ступінь метаболізму, Вт/м²;

$W$  – ефективна механічна робота, Вт/м²;

$H$  – втрати теплоти випромінюванням (sensitive heat losses), Вт/м²;

$E_c$  – теплообмін шляхом випаровування зі шкіри, Вт/м²;

$C_{res}$  – теплообмін конвекцією, під час дихання, Вт/м²;

$E_{res}$  – теплообмін випаровуванням під час дихання, Вт/м²;

$$H = 3,96 \cdot 10^8 \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_{cl} \cdot (t_{cl} - t_a), \quad (3.23)$$

$$E_c = 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15], \quad (3.24)$$

$$C_{res} = 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a), \quad (3.25)$$

$$E_{res} = 1,7 \cdot 10^5 \cdot M \cdot (5867 - p_a), \quad (3.26)$$

де  $f_{cl}$  – фактор, що враховує площу поверхні одягу;

$t_a$  – температура повітря, °C;

$t_r$  – середня радіаційна температура, °C;

$t_{cl}$  – температура поверхні одягу, °C;

$p_a$  – парціальний тиск пари у повітрі, Па;

$I_{cl}$  – термічний опір одягу, м<sup>2</sup>°C/Вт;

$v_{ar}$  – відносна швидкість руху повітря, м/с;

$h_{cl}$  – коефіцієнт конвективного теплообміну, Вт/м<sup>2</sup>К.

Проблемою даного методу є не можливість відразу дізнатися температуру поверхні одягу, тому для цього використовується метод інтерполяції з рівняння теплового балансу відповідно для шару одягу [16]:

$$(t_{sk} - t_{cl}) = 3,96 \cdot 10^8 \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_{cl} \cdot (t_{cl} - t_a), \quad (3.27)$$

$$t_{sk} = 35,7 - 0,028(M - W). \quad (3.28)$$

Коефіцієнт конвективного теплообміну визначається наступним чином:

$$h_c = \begin{cases} 2,38|t_{cl} - t_a|^{0,25}, & \text{якщо } 2,38|t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1\sqrt{v_{ar}}, \\ 12,1\sqrt{v_{ar}}, & \text{якщо } 2,38|t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1\sqrt{v_{ar}}, \end{cases} \quad (3.29)$$

Фактор, що враховує площу поверхні одягу:

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,29 \cdot I_{cl}, & \text{якщо } I_{cl} \leq 0,78 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}, \\ 1,05 + 1,645 \cdot I_{cl}, & \text{якщо } I_{cl} > 0,78 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}. \end{cases} \quad (3.30)$$

Модель Фангера, а саме показник PMV засновано на великій кількості експериментів, але він не враховує механізм терморегуляції, що має досить великий вплив при розрахунках теплообміну людини. Також вона допомагає оцінити прийнятність умов навколишнього середовища для забезпечення теплового комфорту людини. Активність та тип одягу людини представлено у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Модель людини

Термічний опір одягу, м <sup>2</sup> К/Вт	0,140
Швидкість обміну речовин, Вт/м <sup>2</sup>	70
Активність присутніх, Вт/м <sup>2</sup>	0
Кратність повітрообміну, год <sup>-1</sup>	1

Розрахунок показників теплового комфорту для змінної середньої радіаційної температури на протязі року погодинно до та після термомодернізації для Пн та Пд стіни здійснювався у Mathcad.

Після проведених розрахунків ми можемо побачити показники середньої радіаційної температури до та після термомодернізації в таблиці 3.10

Таблиця 3.10 – Розраховані дані середньої радіаційної температури до та після термомодернізації

Середня радіаційна температура до термомодернізації	17
Середня радіаційна температура після термомодернізації	18

Запропонований підхід для розрахунку середньої радіаційної температури є одним із найвпливовіших факторів на відчуття теплового комфорту людиною.

### 3.6.2 Зміна категорії щодо забезпечення комфортних умов

Відповідно до ДСТУ Б EN 15251:2011 [20] різні категорії внутрішнього середовища встановлюються виходячи з різних критеріїв для PMV та PPD, які визначаються відповідно [21], представлені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Приклади рекомендованих категорій для проектування будівель із механічним опаленням та охолодженням

Категорія	Тепловий стан будівлі в цілому	
	<i>PPD</i> %	Очікувана середня оцінка ступеня комфорту (індекс комфортності) Predicted Mean Vote
I	< 6	$-0,2 < PMV < +0,2$
II	<10	$-0,5 < PMV < +0,5$



III	<15	$-0,7 < PMV < +0,7$
IV	>15	$PMV < -0,7$ ; або (or) $+0,7 < PMV$

Для розрахунку показників теплового комфорту ми використовували такі інтернет розробки [36]. Вікно для розрахунку показників PMV та PPD до та після термомодернізації представлено на рис. 3.8а, 3.8б, та показники PMV та PPD після термомодернізації з підвищенням температури в кімнаті до 20°C на рис. 3.8в, цей продукт обрано за вищу точність розрахунків і можливість оцінити PMV та PPD для сталих параметрів мікроклімату у приміщенні.

**Расчет PMV и PPD**

70	M (Вт / м2), выработка метаболической энергии (от 58 до 232 Вт / м2)
0	Вт (Вт / м2), скорость механической работы, (обычно 0)
18	Ta (C), температура окружающего воздуха (10-30)
17	Tg (C), средняя лучистая температура (часто близкая к температуре окружающего воздуха)
0.1	v (м / с), относительная скорость воздуха (от 0,1 до 1 м / с)
50	rh (%), относительная влажность
1.0	Icl (clo), утеплитель основной одежды (1 clo = 0,155 Вт / м2K)

**PMV и PPD**

PMV  От -3 холода до +3 горячего

PPD  (%)

CALCULATION READY!

Рисунок 3.8а – Показники PMV та PPD до термомодернізації

**Расчет PMV и PPD**

70	M (Вт / м2), выработка метаболической энергии (от 58 до 232 Вт / м2)
0	Вт (Вт / м2), скорость механической работы, (обычно 0)
18	Ta (C), температура окружающего воздуха (10-30)
18	Tg (C), средняя лучистая температура (часто близкая к температуре окружающего воздуха)
0.1	v (м / с), относительная скорость воздуха (от 0,1 до 1 м / с)
50	rh (%), относительная влажность
1.0	Icl (clo), утеплитель основной одежды (1 clo = 0,155 Вт / м2K)

**PMV и PPD**

PMV  От -3 холода до +3 горячего

PPD  (%)

CALCULATION READY!

Рисунок 3.8б – Показники PMV та PPD після термомодернізації

**Расчет PMV и PPD**

70	M (Вт / м2), выработка метаболической энергии (от 58 до 232 Вт / м2)
0	W (Вт / м2), скорость механической работы, (обычно 0)
20	Ta (°C), температура окружающего воздуха (10-30)
18	Tg (°C), средняя лучистая температура (часто близкая к температуре окружающего воздуха)
0.1	v (м / с), относительная скорость воздуха (от 0,1 до 1 м / с)
50	rh (%), относительная влажность
1.0	Icl (clo), утеплитель основной одежды (1 clo = 0,155 Вт / м2K)

**PMV и PPD**

PMV  От -3 холода до +3 горячего

PPD  (%)

CALCULATION READY!

Рисунок 3.8в – Показники PMV та PPD після термомодернізації з підвищенням температури в кімнаті до 20°C.

Отже з проведених досліджень можна дійти до висновку, що дана будівля має IV категорію комфортності – це є не дуже хороший рівень, але для комфортного перебування, а особливо для проживання студентів цього недостатньо. Тому в даній роботі було запропоновано провести комплексну термомодернізацію гуртожитку, це нам дозволило підвищити рівень комфорту, підвищили PMV від -0.9 до -0.7. Для підвищення категорії комфортності до III, треба підвищити температуру повітря в приміщенні до 20°C.

### Висновки до розділу

Гуртожиток має досить типові проблеми об'єктів масових часів забудови, будівля має значний потенціал енергозбереження і потребує термомодернізації. Впровадження комплексу заходів для об'єкту дослідження дозволить значно зменшити витрати та енергоресурси, та забезпечить комфортні умови проживання.

Енергетичне моделювання, виконане з використанням програмного середовища DesignBuilder, дало змогу ознайомитись із динамічними характеристиками громадської будівлі та відслідкувати характер зміни споживання енергії у погодинному інтервалі.

Порівнюючи розрахунок із проведеним відповідно до національній методики серед переваг DesignBuilder виокремлюється те, що програма більш зручна у користуванні, автоматично розраховуються геометричні характеристики ОК, існує легка можливість зонування будівлі та, відповідно, легко можна комбінувати необхідні детальні параметри для різних зон, є можливість швидко модифікувати базову модель до необхідної запропонованої та проаналізувати вплив окремих факторів на рівень споживання інженерних систем будівлі, автоматично створюється фінальний звіт з переліком усіх необхідних даних для якісного аналізу роботи моделі, існує можливість швидко отримувати графічне зображення характеру великого масиву інформації погодинно, поденно, помісячно та за весь розрахунковий період.

Також для розрахунку показників теплового комфорту ми використовували такі інтернет розробки [36]. Вікно для розрахунку показників PMV та PPD до та після термомодернізації, цей продукт обрано за вищу точність розрахунків і можливість оцінити PMV та PPD для сталих параметрів мікроклімату у приміщенні.

Було розглянуто питання комплексної термомодернізації будівлі, проведене техніко-економічне обґрунтування та оцінено вплив модернізації на рівень теплового комфорту. Тому з даного розділу можна зробити висновки:

1. З техніко-економічних обґрунтувань прийшли до висновку, що після проведеної комплексної термомодернізації є досить доцільним і на далі використовувати централізоване опалення.
2. Підхід для розрахунку середньої радіаційної температури є одним із найвпливовіших факторів на відчуття теплового комфорту людиною.
3. Встановлено, що підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій дозволяє підвищити середню радіаційну температуру приміщення в середньому на 0,2 °C. Для підвищення категорії комфортності до III, треба підвищити температуру повітря в приміщенні до 20 °C. Загалом дані дослідження були направлені для визначення категорії комфортності.

## 4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ

### Впровадження системи енергетичного менеджменту

В даному гуртожитку відсутні будь-які прояви енергоменеджменту, не зважаючи на ручний збір даних з лічильників. Насамперед, це пов'язано з тим, що в робочого персоналу гуртожитка немає поняття про енергоменеджмент та моніторинг та навіть відсутній такий підрозділ, як енергоменеджмент.

Відповідно до [37] система енергетичного менеджменту – це набір взаємопов'язаних один з одним і взаємодіючих між собою елементами, що ґрунтується на енергополітиці в цілях, процесах і процедурах необхідних для покращення енергетичного результату і дають змогу досягти цих цілей у тому числі, щодо зменшення викидів в атмосферу парникових газів за допомогою системи управління енергоресурсами. Даний документ надає можливість та настанови організаціям для створення систем та процесів, необхідних для постійного вдосконалення енергоефективності. Також він визначає вимоги до системи управління енергією для різних організацій.

Отже, першим кроком є створення підрозділу з енергоменеджменту. А для цього необхідно залучення вищого керівництва гуртожитка. Згідно з [38] залучення керівництва має дуже важливе значення для ефективної реалізації, підтримання та поліпшення системи енергетичного менеджменту. Керівництво демонструє своє зобов'язання за допомогою лідерських дій та активній участі в усіх процесах, а також стимулювання людей до кращих результатів.

На даний час є багато програмних продуктів для вдалої робити та полегшення завдань для підрозділу енергоменеджменту, але я пропоную розглянути комп'ютерну програму «Автоматизовану систему енергомоніторингу» (далі – КП «АСЕМ»). АСЕМ – це комплекс програмного забезпечення для дистанційного обліку та аналізу споживання паливно-енергетичних ресурсів, інформування про порушення в режимах роботи обладнання теплових пунктів закладу.

Тому для персоналу, який буде в підрозділі енергоменеджменту, необхідно провести навчання, як правильно користуватися даною програмою. І це дуже полегшить їх роботу в подальшому.

КП «АСЕМ» забезпечує автоматичний збір даних з вузлів обліку теплової енергії, електричної енергії, холодної води, а також проводить збір даних про аварійні сигнали та температуру повітря в середині приміщень. Тому головним завданням даної програми на основі отриманої інформації вирішити питання з підвищення ефективності споживання та раціонального використання ПЕР.

Дана програма являється дуже функціональною, тому що до її функцій входить велика кількість можливостей, а саме:

- моніторинг даних по енергоспоживанню отриманих в «автоматичному» режимі;
- моніторинг даних енергоспоживання на джерелах постачання;
- виявлення аварійних ситуацій в роботі системи;
- можливість самостійно керувати системами автоматики;
- оптимізувати роботу системи поза робочим часом;
- можливість інформувати відповідальних осіб про аварійні ситуації та порушення в роботі;
- можливість прогнозування енерговитрат на майбутні періоди;
- формування звітів;
- надійний захист даних.

В даної програми безліч переваг, але найголовніші на мою думку, це те що робочому персоналу не потрібно власноруч збирати дані та вводити до програми та те що дана програма може відразу виявити якісь несправності в роботі системи і їх можна з легкістю виправити в короткий проміжок часу.

Також, великим плюсом є можливість програми планувати енерговитрати на майбутні періоди, це дозволить керівництву закладу спланувати план дій на майбутнє та прийняти відповідні рішення для можливості їх скорочення.

Створення підрозділу з енергоменеджменту та впровадження АСЕМ дозволить значно економити енергоресурси від 3 до 15 %.

В середньому за рік навчальний заклад споживає 27991 кВт·год електроенергії та 810,03 Гкал теплової енергії, тоді річна економія електроенергії та тепла складе:

$$\Delta W_{ел.ен} = 27991 \cdot 0,15 = 4198,65 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\Delta W_{тепло} = 810,03 \cdot 0,15 = 121,5 \text{ Гкал}.$$

Зважаючи, що тариф на електричну енергію становить 0,9 грн/ кВт·год, а на теплову енергію – 1658,98 грн/Гкал, річна економія від впровадження системи енергетичного менеджменту та ПК «АСЕМ» становитиме:

$$\Delta E_{ел.ен} = 4198,65 \cdot 0,9 = 3778,78 \text{ грн};$$

$$\Delta E_{тепло} = 121,5 \cdot 1658,98 = 201566,07 \text{ грн}.$$

### **Висновок до розділу**

Проаналізувавши ситуацію в даному гуртожитку, виявлено, що ніякого моніторингу по споживання енергоносіїв не здійснюється. На основі цього для вирішення цієї проблеми було запропоновано створити підрозділ з енергоменеджменту та впровадити програмний продукт «Автоматизовану систему енергомоніторингу». Це в першу чергу приведе до значної економії енергоресурсів і відповідно до економії коштів. Також програма дасть можливість виявляти порушення в роботі системи, завдяки чому можна вирішити ці проблеми завчасно, а також можна буде складати план використання енергоносіїв на майбутні періоди.

## **5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ «БІЗНЕС-МОДЕЛЬ ПРОГРАМАТОРА ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТНИХ УМОВ»**

Метою даного розділу є формування підприємницького мислення, комерціалізація нових науково-технічних розробок.

Завданням розділу являється оцінювання ринкових перспектив програматора, для забезпечення комфортних умов та створення бізнес-моделі стартап-проекту до інвестиційної стадії.

### **5.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту**

Згідно з [39] на початку розроблення стартап-проекту доцільно обґрунтувати цілі етапів його реалізації та представити їх в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Цілі основних етапів реалізації стартап-проекту

Етапи реалізації стартап-проекту	Цілі етапів реалізації стартап-проекту
Початковий етап стартап-проекту	Дослідження потреб та запитів споживачів, суперечностей та технологічних недосконалостей діючих продуктів-аналогів конкурентного середовища
Етап обґрунтування актуальності та новизни інноваційної ідеї	Задоволення нових потреб споживачів, подолання суперечностей поточних технологічних процесів, вдосконалення діючих технологій
Етап аналізу конкурентного середовища	Виявлення можливих конкурентів-виробників, які виготовляють схоже обладнання або пропонують схожі технології та здійснення порівняльного аналізу техніко-економічних переваг та недоліків реалізації пропонованої ідеї
Етап обґрунтування ресурсного забезпечення проекту	Визначення необхідних матеріальних, трудових, капітальних ресурсів, ключових процесів, технології, обладнання та реалізації проекту в часі і просторі
Етап фінансового забезпечення реалізації проекту	Обґрунтування собівартості та ціни реалізації інноваційної ідеї
Інвестиційний етап реалізації стартап-проекту	Пошук потенційних інвесторів фінансування стартап-проекту
Маркетинговий етап реалізації проекту	Обґрунтування каналів збуту продукту стартап-проекту, залучення споживачів, формування необхідних сегментів ринку

## **5.2 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї стартап-проекту**

Роблячи підсумок результатів даної роботи щодо впливу комплексної термомодернізації гуртожитку на рівень енергоспоживання та забезпечення комфортних умов у кімнатах, приходимо до висновку, що на даний час не дотримані належні комфортні умови для проживання, а це в свою чергу приводить до погіршення самопочуття студентів та зменшення працездатності. Комплексна термомодернізація звичайно покращить дану ситуацію, але не задовольнить для всіх присутніх комфортні умови перебування. Тому виходячи з цієї ситуації постає така проблема, як задоволення належних комфортних умов для більшості присутніх у приміщеннях та врахування як найбільше факторів для цього.

Отже, саме цим підрозділом магістерської дисертації постає завдання для реалізації належних комфортних умов навчання та праці за допомогою програматора, що дозволяє регулювати температуру у приміщенні відповідно до типу одягу та фізичної активності людини.

Підвищення енергетичної ефективності будівель можливе за рахунок сукупності заходів, спрямованих на теплозахисну оболонку будівлі, систему опалення та джерело теплоти, враховуючи різні обмеження, спричинені вимогами до належної якості мікроклімату у приміщенні. У даній ситуації важливим є здобуток належного компромісу між зниженням енергопотреби та енергоспоживання будівель та задоволення належного рівня теплового комфорту. Тому даний програматор не тільки буде зменшувати енергоспоживання будівлі, але за допомогою своїх функцій буде підтримувати комфортні умови мікроклімату у приміщенні.

Актуальність та новизну стартап-проекту представимо в таблиці 5.2.



Таблиця 5.2 – Актуальність та новизна стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди споживача
Ідея полягає у створенні програматора, що дозволяє регулювати температуру в приміщенні відповідно до одягу та фізичної активності людей	1. Виробники та постачальники матеріалів (розробка проектів)	Комплексна інструкція з монтажу, можливість підлаштування до будь-якого приладу опалення, доступ через будь-який прилад з наявністю Wi-fi, врахування факторів одягу та фізичної активності, зручний інтерфейс та простота роботи
	2. Проектування (систем опалення)	

Визначені переваги даного приладу [39], а саме можливість задавати одяг в якому ти перебуваєш у приміщенні та вказувати свою подальшу фізичну активність, дозволять програматору самому налаштувати терморегулятори в приміщенні до відповідної комфортної температури, враховуючи зовнішню температуру, вологість та швидкість руху повітря в приміщенні, що в свою чергу створить ряд переваг перед конкурентами на ринку. А можливість задавати одяг та фізичну активність досі ще не була представлена у жодного з конкурентних продуктів, саме це забезпечує належну конкурентоспроможності пропонованої новачії у виробничому та економічному середовищі [40].

### 5.3 Аналіз конкурентного середовища

На даний час на ринку кліматичної техніки дуже багато конкурентів, але для прикладу розглянемо найбільших постачальників подібного обладнання, а саме Salus та SIEMENS. Результати аналізу представимо в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Переваги стартап проекту перед конкурентами

№ п/п	Характеристики ідеї	Стартап-проект	SIEMENS	Salus
1.	Сенсорний дисплей	Наявний	Наявний	Наявний
2.	Наявність Wi-fi	Наявний	Наявний	Наявний
3.	Можливість програматора самостійно налаштовувати температуру в приміщенні	Наявний	Наявний	Відсутній
4.	Можливість вказувати тип одягу та подальшу фізичну активність	Наявний	Відсутній	Відсутній
5.	Простота встановлення	Наявний	Наявний	Наявний
6.	Можливість встановлення до будь-якого приладу опалення	Наявний	Відсутній	Відсутній

Отже, проаналізувавши дану таблицю можна зробити висновок, що завдяки новій можливості введення одягу та фізичної активності на даному конкурентному ринку загрози як такої не спостерігається і можна з впевненістю виходити на ринок.

Для аналізу можливостей реалізації, потенційних загроз, а також визначення сильних та слабких сторін стартап-проекту проведемо SWOT-аналіз та представимо його в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – SWOT-аналіз стартап-проекту

S (strength) – Сильні сторони	W (weaknesses) – Слабкі сторони
1.Можливість автоматичного встановлення температури для підтримання комфортних умов з врахуванням критеріїв одягу та фізичної активності. 2. Підвищення енергоефективності при зниженні витрат на електроенергію. 3.Адаптація розрахунків встановленої температури до ДСТУ EN ISO 7730. 4. Відображає дані за допомогою наочної системи кодування показників. 5.Простота користування. 6.Можливість управління через Wi-fi.	1.Мала обізнаність споживачів про даний продукт. 2.Відсутність підрозділу маркетингу. 3.Залежність віз сезону. 4.Люди тяжко сприймають нові технології.
O (opportunities) – Можливості	T (threats) – Загрози
1.Розширення виробництва. 2.Вдосконалення законодавчої бази. 3.Вихід на міжнародний рівень.	1.Ймовірність виникнення нових конкурентів. 2.Зниження економіки країни. 3.Сезонний спад.

З таблиці 5.4 можна зробити висновок, що для подолання слабких сторін та ризиків [41] необхідно в подальшому створити підрозділ маркетингу, який буде доносити до споживачів інформацію про легкість в користуванні та ефективність. Також буде займатися рекламою та просувати продукт на ринку.

#### 5.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту

Загалом вартість проекту включає та об'єднує в собі такі складові, як планування, складання бюджету фінансування, власне фінансування проекту та найголовніше це управління та контроль, які в свою чергу забезпечать виконання проекту в межах запланованого бюджету.

Отже обґрунтуємо та узагальнимо необхідні капіталовкладення на реалізацію даного проекту в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту

Статті капіталовкладень	Величина, грн.
<b>Прямі матеріальні затрати</b>	
– витрати купівельних комплектуючих виробів	60000
– витрати на запасні частини	3000
– інші матеріальні витрати	1500
<b>Прямі затрати на оплату праці працівників</b>	
– заробітна плата за ставками і тарифами працівників	7000
– премії, заохочення, компенсаційні виплати працівників	2000
<b>Соціальні відрахування до Пенсійного фонду – 22% по заробітній платі працівників</b>	<b>1100</b>
<b>Вартість основних фондів та нематеріальних активів виробничого призначення</b>	
– початкова вартість задіяних у виробничому процесі основних засобів та необоротних нематеріальних активів (разом із транспортуванням, установкою та демонтажем)	2000
<b>Інші прямі витрати:</b>	
– витрати на дослідження та розробку інноваційних продуктів	6000
– витрати на послуги сторонніх підприємств (охорона, реклама оренда тощо)	8000
<b>Загальновиробничі витрати</b>	

– витрати на управління виробництвом (оплата праці управлінського персоналу всіх підрозділів разом із ЄСВ до Пенсійного фонду, відряджень тощо)	30000
– витрати на основні засоби та нематеріальні активи загальноновиробничого призначення	8000
<b>Всього капіталовкладень на реалізацію проекту</b>	<b>128500</b>

## 5.5 Ключові види діяльності та ключові партнери

Ключові види діяльності представимо в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Ключові види діяльності

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
Виробництво	На основі вже існуючої моделі програматора будуть створюватися додаткові його функції	Створення програматора з новими можливостями
Реалізація	Досліджуватимуться нові споживачі та їх потреби	Дана продукція буде краще продаватися, чкщо подлаштовуватись під потреби споживачів
Реклама	Буде здійснюватися розповсюдження інформації для споживачів даного продукту	Більша обізнаність потенційного споживача про даний продукт
Збут	Будуть досліджуватися нові шляхи збуту продукції	Більший відсоток продаж даного продукту на нових ринках

Для реалізації даного проекту будуть залучені міжнародні фірми Protherm, Villant та Verol. А саме вони будуть поставляти прості програматори для того щоб ми могли в подальшому покращувати їх.

## 5.6 Фінансове обґрунтування стартап-проекту

Для фінансового обґрунтування стартап-проекту необхідно чітко знати, які необхідні витрати та на основі них формувати собівартість реалізації даної ідеї стартап-проекту.

### 5.6.1 Прямі матеріальні витрати

Розрахуємо прямі матеріальні витрати на одиницю продукції, а саме витрати на купівельні вироби та витрати на запасні частини та результати занесемо до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Прямі матеріальні витрати

№ п/п	Назва ресурсу	Одиниця вимір.	Ціна	Кількість ресурсу	Потреба на місяць	Потреба на рік
1	Витрати купівельних комплектуючих виробів	грн.	3000	1	3000	36000
2	Витрати на запасні частини	грн.	1000	1	1000	12000
Всього:					<b>4000</b>	<b>48000</b>

### 5.6.2 Витрати на оплату праці

Для визначення витрат на оплату праці необхідно проаналізувати структуру персоналу. Також до фонду оплати праці (ФОП) крім заробітної плати входить нарахування підприємства по заробітній платі до Пенсійного фонду [42].

ФОП розраховується за формулою 5.1:

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} + \text{Нарахування до Пенсійного фонду, грн} \quad (5.1)$$

ЗП – величина сукупної заробітної плати працівників підприємства, грн

Нарахування до Пенсійного фонду становлять 22%.

Заробітна плата здійснюється за прямою погодинною системою оплати праці та обчислюється за формулою 5.2:

$$\text{ЗП}_{\text{пряма погодин}}^{\text{пряма}} = \text{ТС} \times t, \text{ грн} \quad (5.2)$$

$t$  – кількість відпрацьованих працівником годин, год,

ТС – тарифна ставка оплати праці, грн/год

Тарифна ставка оплати праці становитиме:

$$\text{ТС} = 7000 / (30/7) \cdot 40 = 40,83 \text{ грн} \quad (5.3)$$

де 7000 – заробітна плата для персоналу, грн.;

30/7 – кількість робочих днів місяця;

40 – нормативна тривалість робочого тижня, годин.

Отже структуру персоналу та фонду оплати праці зведемо до таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Структура персоналу та ФОП

№ П/П	Посада	Форма оплати	Кількість працівників	Заробітна плата (грн.)		
				за місяць	за квартал	за рік
Адміністративно-технічний персонал						
1.	Менеджер по продажу та закупівлі	ставка	1	4667,2	14001,6	56006,4
2.	Енергоменеджер	ставка	1	4667,2	14001,6	56006,4
Всього				9334,4	28003,2	112012,8
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %)				2053,6	6160,7	24642,8
ФОП				11387,8	34163,9	136655,6

### 5.6.3 Інші прямі витрати

До цих прямих витрати також належать витрати на дослідження, розробку та послуги інших компаній. Тож результати зведемо до таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Прямі інші витрати

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.	
		на місяць	на рік
Реклама	Угода	4000	48000
Всього:		4000	48000

### 5.6.4 Умовно-змінні витрати

До умовно-змінних витрат належать витрати, які ми здійснюємо на виробництво певного виду продукції. Тому дані результати представимо в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Умовно-змінні витрати

Статті витрат	Джерела даних	Витрати (грн.)			
		на 1 од.	на місяць	на квартал	на рік
1. Прямі матеріальні витрати	табл. 5.7	2500	25000	75000	900000
2. ФОП виробничого персоналу	табл. 5.8		11387,8	34163,9	136655,6
Всього:		<b>2500</b>	<b>36387,8</b>	<b>109163,9</b>	<b>1036655,6</b>

### 5.6.5 Умовно-постійні витрати

Умовно-постійні витрати включають в себе обслуговування та управління виробництвом, тобто ті які залишаються не змінними або майже не змінними. До них відносять ФОП адміністративно-технічного персоналу, рекламу, оренду, охорону, тощо [43]. Тому дані результати представимо в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Умовно-постійні витрати

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, тис.грн			
		на 1 од.	на місяць	на квартал	на рік
1. ФОП адміністративно-технічного персоналу	табл.5.8	-	11387,8	34163,9	136655,6
2.Реклама	табл. 5.9	-	4000	12000	48000
Всього:		-	15387,8	46163,9	184655,6

### 5.6.6 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проекту

Собівартість інноваційної ідеї складається з умовно-змінних та умовно-постійних витрат. Тому дані результати представимо в таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн.		
		на місяць	на квартал	на рік
1. Умовно-змінні витрати	табл. 5.10	36387,8	109163,9	1036655,6
2 Умовно-постійні витрати	табл.5.11	15387,8	46163,9	184655,6
3. Собівартість	стр.1+стр.2	<b>51775,6</b>	<b>155327,8</b>	<b>1221311,2</b>

### 5.7 Обґрунтування рівня рентабельності (прибутковості) інноваційної ідеї

Відповідно до [44] прибуток – це частка власного доходу фірми за виключенням усіх витрат на виробничу та комерційну діяльність.

В умовах ринкової економіки величина прибутку повинна відображати відносини власності або інші фінансові зобов'язання, наприклад, оплату дивідендів власникам акцій або залучення кредиту, тощо. Рекомендований розподіл прибутку підприємства за фондами такий:

- фонд розвитку виробництва (ФРВ) – 50%;
- фонд соціального розвитку (ФСР) – 25%;
- преміальний фонд (ПФ) – 10%;
- дивіденди засновникам – 15%

Обґрунтування необхідного рівня прибутку інноваційної ідеї зведемо до таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Обґрунтування рівня рентабельності інноваційної ідеї

Статті витрат	Джерело даних	Од. вимір.	Значення показників
1. Собівартість продукції	табл. 5.12	грн.	1221311,2
Обсяг виробництва в рік	Прогноз	шт.	120
2. Необхідний прибуток	пп.2.1+2.2+2.3+2.4+2.5 + 2.6+2.7	грн.	771637,4
2.1. Кредитні засоби та їх обслуговування	Кредитна угода	грн.	80000
2.2. Засоби ФРВ	Колективна угода	грн.	250000
2.3. Засоби ФСР	Колективна угода	грн.	125000
2.4. Засоби ПФ	Колективна угода	грн.	50000
2.5. Грошові виплати власникам підприємства	Колективна угода	грн.	75000
2.6. Фінансовий резерв	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5) \cdot 0.05/0.95$	грн.	30526,3
2.7. Податок на прибуток	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5) \cdot 0.18$	грн.	161111,1
3. Необхідний рівень рентабельності продукції	п.2 / п.1 * 100%	%	<b>63,2</b>



## 5.8 Обґрунтування вартості виробництва інноваційної техніки

Обґрунтування вартості виробництва інноваційної техніки представимо в таблиці 5.14.

Таблиця 5.14 – Обґрунтування вартості та ціни

Статті витрат	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Значення показників
1. Собівартість товару	табл. 5.12	грн.	1221311,2
2. Норма рентабельності	табл. 5.13	%	63,2
3. «Нормальний» питомий прибуток	п.1 * п.2 / 100%	грн.	771868,7
4. Вартість виробництва продукції	п.1 + п.3	грн.	1993179,9
5. ПДВ	п.4*0,2	грн.	398635,9
6. Відпускна ціна товару	п.4+п.5	грн.	2391815,8

## 5.9 Цільові групи потенційних споживачів

Виявлення цільової групи доцільно для обґрунтування потенційних споживачів і на основі цього буде пропонуватися дане обладнання, а також допоможе визначити стратегію охоплення ринку, що представлено в таблицях 5.15 та 5.16.

Таблиця 5.15 –Цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Інжиніринг	Високий	Висока	Низька складність
2	Проектування	Високий	Середня	Низька складність
3	Постачальники	Високий	Висока	Середня складність
4	Енергоменеджмент	Середня	Середня	Середня складність
5	Фінансові установи	Слабкий	Відсутній	Малоймовірно

Отже, обираємо для цільові групи споживачів потенційних клієнтів, що мають значний попит та досить сприятливі умови для входу на ринок, а саме: інжиніринг, проектування, постачальники та енергоменеджмент.

Таблиця 5.16 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Підвищення ефективності управління, мінімізація витрат, постійне вдосконалення	Диференційований маркетинг	Мобільність, адаптивність, гнучкість та ін.	Стратегія диференціації

Обрана стратегія диференціації передбачає подальше впровадження у проект конкурентних особливостей, що робить товар помітно привабливим на ринку.

### 5.10 Канали збуту

Канали збуту — це сукупність фірм або окремих осіб, які виконують посередницькі функції щодо фізичного переміщення товарів і перебирають на себе або сприяють переданню права власності на товари на шляху їх просування від виробника до споживача [39].

Тож сформуємо систему збуту та представимо в таблиці 5.17.

Таблиця 5.17 – Встановлення систем збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Закупівля на основі запропонованих переваг продукту	Стимулювання, встановлення контактів, проведення переговорів	Значна (канал нульового рівня та однорівневі канали)	Пряма та традиційна система збуту

### 5.11 Бізнес-модель проекту

Найголовнішим етапом розроблення стартап-проекту є створення бізнес-моделі науково-технічної розробки. Створення конкурентної бізнес-моделі дозволяє не тільки вирішити поставлені задачі в роботі, але й являється структурою найважливіших елементів бізнес-проекту та є джерелом інноваційних ідей [44, 46]. Результати представимо в таблиці 5.18.

Таблиця 5.18 – Бізнес-моделі проекту

Ключові партнери:	Ключові види діяльності:	Цінність пропозиції:	Взаємовідносини з клієнтами:	Споживчі сегменти:
Міжнародні компанії: -Protherm; -Villant -Verol	1.Розробка проектних рішень по впровадженні приладу 2.Авторський нагляд 3.Надання консалтингових послуг в межах України	Створення комфортних умов у приміщенні враховуючи одяг та фізичну активність присутніх, що немає у жодних конкурентів	Підтриманні постійного контакту та надання інформації про оновлення	Інжиніринг, проектування, постачальники, енергоменеджмент
	Ключові ресурси:  1.Матеріальні ресурси (закупівля допоміжних матеріалів) 2.Інтелектуальні ресурси (створення патентів та ліцензій) 3.Людські ресурси (висококваліфіковані працівники) 4.Фінансові ресурси (власні кошти та залучені інвестиції)		Канали збуту:  Пряма та традиційна система збуту продукції	
Структура собівартості: 1.Витрати разові (капітальні): 128500 2.Витрати постійні: 184655,6 3.Витрати змінні: 1036655,6			Потоки надходження доходу: від продажу продукції та впровадження в проектах	

У таблиці 5.19 підводяться підсумки підготовки інноваційного стартапу та узагальнюються основні техніко-економічні показники.

Таблиця 5.19 – Техніко-економічні показники

Показники	Значення
Річний випуск продукції, од.	120
Капіталовкладення, грн.	72000
Собівартість продукції, грн.	1221311,2
Ціна продукту, грн	10177,6
Прибуток, грн.	771637,4
Рентабельність, %	63,2

### Висновки до розділу

Отже, було розроблено бізнес-модель програматора, що дозволяє регулювати температуру в приміщенні відповідно до одягу та фізичної активності людини, слід зазначити, що на даний момент на ринку досить сприятливі умови для введення даного продукту, тому що спостерігається значний попит на подібні продукти, адже розвивається напрямок з енергозбереження та енергоефективних технологій. І не зважаючи на те, що на ринку є досить значна конкуренція аналогів даного продукту його конкурентні переваги роблять його унікальним. Але насамперед, цей продукт вирішує проблему з задоволеннями мікроклімату в приміщеннях враховуючи параметри одягу та фізичної активності по факту, що раніше не враховували інші подібні програматори.

## ВИСНОВКИ

1)У розділі 1 магістерської дисертації наведено загальний опис гуртожитку та проведено аналіз фактичного споживання енергетичних ресурсів. Проаналізовано різні міжнародні підходи щодо оцінки рівня теплового комфорту та категорії будівлі щодо забезпечення комфортних умов. Було обрано найбільш вдалий метод оцінки рівня теплового комфорту. На прикладі досліджуваного гуртожитку видно, що він має значний потенціал до енергозбереження.

2)У розділі 2 магістерської дисертації було проведено дослідження існуючих енергетичних систем будівлі, за результатами яких існуючі огорожувальні конструкції не відповідають нормативним вимогам. Для забезпечення необхідного опору теплопередачі рекомендується провести утеплення зовнішніх стін, утеплення підлоги, заміна старих вікон на нові енергоефективні, утеплення даху, теплоізоляція трубопроводів системи опалення, заміна старих дверей, промивка системи опалення. Система електропостачання будівлі знаходиться в задовільному стані. Проаналізувавши вплив впровадження заходів з енергозбереження на систему електропостачання будівлі визначено що система не потребує модернізації.

3)У 3 розділі магістерської дисертації За допомогою програмного продукту DesignBuilder створено модель житлової будівлі та розраховано енергоспоживання до та після впровадження заходів. Також виконано розрахунок за національним стандартом. У якості параметра теплового комфорту обрано PMV (прогнозовану середню оцінку тепловідчуттів людини), що є основним у міжнародних та вітчизняних стандартах. Оцінено зміну середньої радіаційної температури. Також було розглянуто питання комплексної термомодернізації будівлі, проведене техніко-економічне обґрунтування та оцінено вплив модернізації на рівень теплового комфорту.

4)У 4 розділі наведено рекомендації щодо впровадження системи енергетичного менеджменту на об'єкті. Впровадження системи енергоменеджменту з застосуванням сучасних технічних рішень – важливий крок на

шляху до підвищення енергоефективності. Здійснення енергомоніторингу дає можливість контролювати споживання енергоресурсів, проводити аналіз даних та приймати ефективні рішення щодо управління енергоспоживанням.

5) У завершальному розділі «Розробка стартап-проекту» запропоновано розробити програматор, який не тільки буде зменшувати енергоспоживання будівлі, але за допомогою своїх функцій, що дозволяє регулювати температуру у приміщенні відповідно до типу одягу та фізичної активності людини, буде підтримувати комфортні умови мікроклімату у приміщенні.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. АН "Планета Оболонь". Класифікація багатоквартирних житлових будівель міста Києва [Електронний ресурс] / АН "Планета Оболонь". – 2004. – Режим доступу до ресурсу: <http://domik.ua/poleznoe/classification.html>.
2. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2016 (на заміну ДБН В.2.6-31:2006 (зі змінами від 1 липня 2013 р.)). – [Чинні від 2017–05–01] // Мінрегіон України. – К.: Укрархбудінформ, 2017. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).
3. Енергетичні системи та комплекси. Системи виробництва та розподілу енергії: Визначення теплового навантаження будівель та вибір системи теплопостачання: навчальний посібник / В.В.Дубровська, В.І Шкляр. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 112 с.
4. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010. – [Чинні від 2011-11-01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).
5. Теплові мережі. Навчальний посібник / Н. Д. Степанова, Д. В. Степанов. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 135 с.
6. Назаренко А. О. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯМ БУДІВЕЛЬ З КОМБІНОВАНИМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯМ І ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ : дис. канд. техн. наук : 05.14.01 / Назаренко Андрій Олегович – Київ, 2016. – 181 с.
7. Опалення і вентиляція. Підручник для вузів / П. М. Каменєв, О. М. Сканаві., 1975. – 483 с.
8. Теплові мережі: ДБН В.2.5-39:2008 – [Чинні від 2008–12–09] // Мінрегіонбуд України. – К., 2009. – 56 с. – (Державні будівельні норми України).
9. ТОВ YASNO "Київські енергетичні послуги" [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://wiki.1551.gov.ua/pages/viewpage.action?pageId=45875907>.
10. Тарифи на електроенергію [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://kyiv.yasno.com.ua/b2c-tariffs>.
11. Енергоефективність [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://kyiv.yasno.com.ua/enerhoefektivnist>.

12. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення: ДБН В.2.5-23-2010. – [Чинні від 2010–10–01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2010. – 103 с. – (Державні будівельні норми України).
13. Правила улаштування електроустановок. □ [Чинні від 2017–08–21] // Міненерговугілля України. – Х.: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.
14. Katic K., Zeiler V., Boxem G. Thermophysiological models: a first comparison. *First German – Austrian IBPSA Conference (RWTH Aachen University)*, 2014. P. 595–602.
15. Gagge A. P., Fobelets A. P., Berglund L. G. A standart predictive index of human response to the thermal enviroment. *ASRAE Transactions*, 1971. V. 77. P. 247–262.
16. Fanger P. O. Assessment of man's thermal comfort in practice. *British Journal of Industrial Medicine*, 1973. V 30. P. 313–324.
17. Богословский В. Н, Сканапи А. Н. Отопление. Москва: Стройиздат, 1991. 735 с.
18. Бахинди А. Тепловой микроклимат помещений. Москва: Стройиздат, 1981. 247 с.
19. ANSI/ASHRAE Standard 55: 2010. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. *ASHRAE. – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, 2010. 12 p
20. ДСТУ Б EN 15251: 2011. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики будівель. [Чинний від 2013-07-01]. Київ: Мінрегіон України, 2012. 71 с.
21. ДСТУ Б EN ISO 7730: 2011. Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту. [Чинний від 2013-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2012. 74 с. – (Державний стандарт України).
22. Шовкалюк М.М. Підвищення енергоефективності будівельного фонду шляхом удосконалення законодавчої та нормативної бази // Збірник наук. праць IV міжнар. наук.-



техн. та навч.-метод. конф. "Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REIMS'2017". [Київ, 25-27 квітня 2017 р.].

23. Житловий кодекс. Чинний від 30.06.1983 №5464-10 // Верховна Рада УРСР. – 1983.
24. Закон України «Про теплопостачання» від 2 червня 2005 року №2633// Відомості Верховної Ради України. – Офіц. Вид. – К. –2005. – (Бібліотека офіційних видань).
25. Закон України «Про електроенергетику» від 16 жовтня 1997 року №575/97-ВР// Відомості Верховної Ради України. – Офіц. Вид. – К. –1997. – (Бібліотека офіційних видань).
26. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» від 20 лютого 2003 року №555// Відомості Верховної Ради України. – Офіц. Вид. – К. –2003. – (Бібліотека офіційних видань).
27. Закон України «Про енергозбереження» від 01.07.1994 № 74/94-ВР // Відомості Верховної Ради України. – Офіц. Вид. – К. –1994. – (Бібліотека офіційних видань).
28. Закон України від 22.06.2017 "Про енергетичну ефективність будівель" № 2118-VIII // Голос України. – Офіц. Вид. – К. – 2017. – (Бібліотека офіційних видань).
29. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2006. – [Чинні від 2007–04–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).
30. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2–15:2005. – [Чинні від 2006–01–01] – Київ: Держбуд України, 2005. – 45 с. – (Державні будівельні норми України).
31. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції та ГВП ДСТУ Б А.2.2-12:2015 . – [Чинний від 2016–01–01]. – Київ: ДержспоживстандартУкраїни, 2015. – 195 с. – (Національний стандарт України).
32. Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків: ДСТУ–Н Б В.3.2–3:2014. – [Чинний від 2014–12–31]. – Київ: ДержспоживстандартУкраїни, 2014. – 67 с. – (Національний стандарт України).

33. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010. – [Чинний від 2011-11-01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).
34. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосування. (ISO 50001:2011, IDT) (ISO 50001:2011(E) «Energy management systems — Requirements with guidance for use»). ДСТУ ISO 50001:2014. – [Чинний від 2015-01-01] // Мінекономрозвитку України. – К.: Мінекономрозвитку України, 2015. – 27 с. – (Національний стандарт України).
35. Шовкалюк Ю.В. Інструменти і методи для підвищення енергоефективності будівельного фонду / Молодий вчений. - №1(53) – 2018.
36. [http://www.eat.lth.se/fileadmin/eat/Termisk\\_miljoe/PMV-PPD.html](http://www.eat.lth.se/fileadmin/eat/Termisk_miljoe/PMV-PPD.html)
37. Система енергетичного менеджменту: ДСТУ ISO 50001: 2018 – [Чинний від 01-08-2018] // Мінекономрозвитку України. – К.: Укрархбудінформ, 2018. – 27 с. – (Державний стандарт України).
38. Система енергетичного менеджменту. Настанова щодо впровадження, супровід та поліпшення системи енергетичного менеджменту: ДСТУ ISO 50004: 2016 – [Чинний від 01-09-2016] // Мінекономрозвитку України. – К.: Укрархбудінформ, 2016. – 35 с. – (Державний стандарт України).
39. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
40. Закон України «Про інститути спільного інвестування, 2017 [online] (останнє оновлення листопад 2017). Доступно: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/main/5080-17>
41. Поліщук В.В. Стартап проекти та їх оцінювання: конспект лекцій для студентів за спеціальністю 7.121 «Інженерія програмного забезпечення» факультету інформаційних технологій УжНУ. – Ужгород: 2018. – 74 с. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/19695/1/7.pdf>.

42. Економіка підприємства: Книга 1. [підручник для студентів вищих навч. закладів]; за заг.ред. П.В. Круша, К.В. Шелехова. – К.: ДП «НВЦ Пріоритети», 2014. -676 с.
43. Круш П.В. Ціноутворення : підручник / П.В. Круш, О.І. Андрусь. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. – 292 с.
44. Податковий кодекс України. Закон № 2755-VI від 02.12.2010 «Голос України» № 229-230 від 04. 12. 2010.
45. Шевчук Н.А., Зайченко С.В., Кривда О.В. Впровадження та реалізація стартап проекту геомехатронного комплексу // Сучасні проблеми економіки і підприємництво [Текст]: Збірник наукових праць. – Вип. 21. – К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2018 С.94-101(Міжнародна індексація: Index Copernicus, Google Scholar, SIS).
46. Шевчук Н.А. Впровадження та реалізація стартапів в гірництві / Шевчук Н.А. / Міжнародна науково-технічна конференція, присвячена 120 –річчю КПІ «ПРОБЛЕМИ ГЕОІНЖЕНЕРІЇ ТА ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІСТИКИ», м. Київ, 17-18 травня 2018 р.– К.: НТУУ «КПІ», 2018. – С. 89-90.
47. Шовкалюк Ю.В. Інструменти для аналізу та моніторингу енергоспоживання будівель різних типів <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2019/1/67.pdf>
48. Дешко, В. І., and Н. А. Буяк. "Економічно доцільний тепловий захист будівлі з різними джерелами теплоти." (2009).

## Додаток А

## Розрахунок середньої радіаційної температури до та після термомодернізації

$$\begin{aligned}
 T_o &:= 273 - 22 & t_{BH} &:= 18 & R_3 &:= 1.35 & R_B &:= 0.46 & F_1 &:= 62.4 \\
 n &:= 1 & V &:= 100 & c &:= 1005 & \rho &:= 1.225 & F_z &:= 22.2 \\
 & & & & & & & & t_{zs} &:= 15 \\
 & & & & & & & & F_v &:= 3.36
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 tr &:= 20 \\
 n &:= 1 & V &:= 100 & c &:= 1005 & \rho &:= 1.225 \\
 R_{\alpha 3} &:= \frac{1}{23} = 0.043 & R_{\alpha B} &:= \frac{1}{8.7} = 0.115
 \end{aligned}$$

$$P_s := 30 \quad t_{3.B.} := 15 \quad t_{B.B.} := 15 \quad tv1 := 412 \quad P_v := 315$$

$$\begin{aligned}
 Q_B &:= 200 \quad Q_\Sigma := 800 \quad Q_3 := 600 \quad Q_{31} := 300 \quad Q_{32} := 300 \\
 Q_{1\Sigma} &:= 1 \\
 Q_{13} &:= 1 \quad Q_{131} := 1 \quad Q_{132} := 1 \quad Q_{1B} := 1
 \end{aligned}$$

+

Given

$$tr = \frac{F \cdot t_{BH} + F_z \cdot t_{3.B.} + F_v \cdot (tv1 - 273)}{F + F_z + F_v}$$

$$P_v = (t_{B.B.} + 273)^4 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8}$$

$$tv1 = \left( \sqrt[4]{\frac{P_v + P_s}{5.67 \cdot 10^{-8}}} \right)$$

$$Q_\Sigma = Q_B + Q_3 - P_s \cdot F_v$$

$$Q_3 = Q_{31} + Q_{32}$$

$$Q_{31} = F_z \cdot \frac{t_{3.B.} - (T_o - 273)}{R_{\alpha 3} + R_3}$$

$$Q_{31} = F_z \cdot \frac{t_{BH} - t_{3.B.}}{R_{\alpha B}}$$

$$Q_{32} = Fv \cdot \frac{t_{B.B.} - (To - 273)}{R_{\alpha 3} + R_B}$$

$$Q_{32} = Fv \cdot \frac{t_{BH} - t_{B.B.}}{R_{\alpha B}}$$

$$Q_B = \left[ \frac{n \cdot V \cdot c \cdot \rho \cdot [t_{BH} - (To - 273)]}{3600} \right]$$

	0
0	366.603
1	289.197
2	17.162
3	$1.368 \cdot 10^3$
4	$2.073 \cdot 10^3$
5	806.023
6	588.695
7	217.328
8	14.952
9	10.565

$$\text{Find}(Pv, tv1, tr, Q_B, Q_{\Sigma}, Q_3, Q_{31}, Q_{32}, t_{3.B.}, t_{B.B.}) =$$

$$\begin{array}{llllll} To := 273 - 22 & t_{BH} := 18 & R_3 := 3.86 & R_B := 0.75 & F := 62.4 & Fz := 22.2 \\ & & & & tzs := 15 & \\ & & & & & Fv := 3.36 \\ n := 1 & \underline{V} := 100 & \underline{c} := 1005 & \rho := 1.225 & & \end{array}$$

$$\underline{tr} := 20$$

$$\underline{n} := 1 \quad \underline{V} := 100 \quad \underline{c} := 1005 \quad \underline{\rho} := 1.225$$

$$R_{\alpha 3} := \frac{1}{23} = 0.043 \quad R_{\alpha B} := \frac{1}{8.7} = 0.115$$

$$Ps := 30 \quad t_{3.B.} := 15 \quad t_{B.B.} := 15 \quad tv1 := 412 \quad Pv := 315$$

$$Q_B := 200 \quad Q_{\Sigma} := 800 \quad Q_3 := 600 \quad Q_{31} := 300 \quad Q_{32} := 300$$

$$Q1_{\Sigma} := 1$$

$$Q1_3 := 1 \quad Q1_{31} := 1 \quad Q1_{32} := 1 \quad Q1_B := 1$$

Given

$$tr = \frac{F \cdot t_{BH} + Fz \cdot t_{3.B.} + Fv \cdot (tv1 - 273)}{F + Fz + Fv}$$

$$Pv = (t_{B.B.} + 273)^4 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8}$$

$$tv1 = \left( \sqrt[4]{\frac{Pv + Ps}{5.67 \cdot 10^{-8}}} \right)$$

$$Q_{\Sigma} = Q_B + Q_3 - Ps \cdot Fv$$

$$Q_3 = Q_{31} + Q_{32}$$

$$Q_{31} = Fz \cdot \frac{t_{3.B.} - (To - 273)}{R_{\alpha 3} + R_3}$$

$$Q_{31} = Fz \cdot \frac{t_{BH} - t_{3.B.}}{R_{\alpha B}}$$

$$Q_{32} = Fv \cdot \frac{t_{B.B.} - (To - 273)}{R_{\alpha 3} + R_B}$$

$$Q_{32} = Fv \cdot \frac{t_{BH} - t_{B.B.}}{R_{\alpha B}}$$

$$Q_B = \left[ \frac{n \cdot V \cdot c \cdot \rho \cdot [t_{BH} - (To - 273)]}{3600} \right]$$

Find  $(Pv, tv1, tr, Q_B, Q_{\Sigma}, Q_3, Q_{31}, Q_{32}, t_{3.B.}, t_{B.B.}) =$

	0
0	379.032
1	291.436
2	17.728
3	$1.368 \cdot 10^3$
4	$1.636 \cdot 10^3$
5	368.931
6	220.982
7	147.949
8	16.856
9	12.939

## Додаток Б

## Результати розрахунків руху грошових потоків

$Q1 := 30334$	кВт·год	(споживання до термомодернізації)
$Q2 := 19668$	кВт·год	(споживання після термомодернізації)
$c1 := 1.42$	грн	(с1 – вартість теплової енергії)
	кВт·год	(с3 – вартість природного газу)
$n1 := 0,1 \dots 20$		[(C – теплотворна здатність) природного газу]
$l := 0.25$		

$$b1(n1) := \left[ \sum_{t=0}^{n1} \frac{Q1 \cdot c1}{(1 + 0.12)^t} \right]$$

$$b2(n1) := \left[ \sum_{t=0}^{n1} \frac{Q2 \cdot c1}{(1 + 0.12)^t} \right] + 2313712$$

$$b3(n1) := \left[ \sum_{t=0}^{n1} \frac{Q1 \cdot (c1 + 1)^t}{(1 + 0.12)^t} \right]$$

$$b4(n1) := \left[ \sum_{t=0}^{n1} \frac{Q2 \cdot (c1 + 1)^t}{(1 + 0.12)^t} \right] + 2313712$$